PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 11. 1. Juni 1906. 7. Jahrgang.

Redaktionsschluß für No. 12 am 30. Mai 1906.

INHALT.

Originalmitteilungen:

W. Marckwald, Über Polonium und Radiotellur. S. 369.

J. Elster u. H. Geitel, Zwei Versuche über die Verminderung der Ionenbeweglichkeit im Nebel. S. 370.

P. L. Mercanton, Über Explosionsgefahr bei Radium und die Undurchdringlichkeit des erhitzten Glases für die Radiumemanation. S. 372.

E. Bose, Widerstandsänderungen dünner Metallschichten durch Influenz. Eine direkte Methode zur Bestimmung der Zahl der negativen Leitungs-Elektronen. S. 373.

K. Kurz, Fadenablesung am Blattelektrometer. S. 375.

H. Fischer, Über die elektrostatischen Spannungszeiger. Eine experimentelle Untersuchung über den Einfluß der Lade- und Entladezeit auf die Angaben der Elektrometer. S. 376.

E. Cohnstaedt, Über die Empfindlichkeit des Quadrantelektrometers. S. 380.

W. Nernst, Über die Helligkeit glühender schwarzer Körper und über ein einfaches Pyrometer. S. 380.

A. Dahms, Ein Demonstrationsversuch zum Nachweis ultraroter Strahlen. S. 383.

W. Wundt, Über die Bestimmung der Sonnentemperatur. S. 384.

W. Wundt, Über die Schmidtsche Theorie der Entstehung des scharfen Sonnenrandes. S. 387.

E. Sommerfeldt, Über die Struktur der optisch aktiven monoklin-hemiedrischen Kristalle. S. 390.

O. Lehmann, Dampf- und Lösungstension an krummen Flächen. S. 392.

W. Matthies, Über die Dampfdrucke des Schwefels. S. 395.

Besprechungen:

H. C. Horstmann u. V. H. Tousley, Neuere Leitungsdiagramme. S. 397.

A. Königswerther, Physikalische Grundlagen der Gleich- und Wechselstromtechnik. S. 397.

W. Winkelmann, Synchronmaschinen für Wechsel- und Drehstrom. S. 397.

J. B. Listing, Beitrag zur physiologischen Optik. S. 397.

J. Fraunhofer, Bestimmung des Brechungs- und Farbenzerstreuungsvermögens verschiedener Glasarten in bezug auf die Vervollkommnung achromatischer Fernrohre. S. 397.

O. Kausch, Die Herstellung, Verwendung und Aufbewahrung von flüssiger Luft. S. 398.

Bulletin of the Bureau of Standards. S. 398.

K. Arndt, Grundbegriffe der höheren Mathematik für Chemiker. S. 398.

G. Scheffers, Lehrbuch der Mathematik für Studierende der Naturwissenschaften und der Technik. S. 398.

J. W. Mellor, Höhere Mathematik für Studierende der Chemie und Physik. S. 398.

Smithsonian Institution, Jahresbericht 1904. S. 399.

R. Zsigmondy, Zur Erkenntnis der Kolloide. S. 399.

M. Abraham, Theorie der Elektrizität. II. S. 399.

Fragekasten:

Vom Cartesianischen Taucher. S. 400.

Berichtigung:

Zum Fliegenproblem. S. 400.

Personalien. S. 400.

Gesuche. S. 400.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über Polonium und Radiotellur.

Von W. Marckwald.

Aus einer kürzlich in dieser Zeitschrift[1]) erschienenen Mitteilung der Frau Curie über die Zeitkonstante des Poloniums ergibt sich, daß es nunmehr der Autorin gelungen ist, durch fraktionierte Fällung des aus der Pechblende gewonnenen Wismutsubnitrats ein Produkt zu gewinnen, dessen Radioaktivität nach demselben Gesetz abklingt, wie diejenige des Radiotellurs.[2]) Daß das früher beschriebene „Polonium" ein Gemenge radioaktiver Bestandteile enthielt, habe ich an andrer Stelle[3]), gestützt auf die eigenen Angaben der Frau Curie über die Abnahme der Radioaktivität des Poloniums, nachgewiesen. Frau Curie will diesen Beweis deswegen nicht gelten lassen, weil sie ihre früheren Beobachtungen nicht zum Zwecke der Bestimmung der Abklingungskonstante des Poloniums und ohne besondere Vorsichtsmaßregeln angestellt habe.

1) Diese Zeitschrift **7**, 146, 1906. Vergl. Comptes rendus **142**, 273, 1906.

2) Meyer und v. Schweidler, Wiener Anzeiger 1. Dez. 1904. Marckwald, Ber. d. deutsch. chem. Ges. **38**, 591, 1905.

3) Jahrb. d. Radioaktivität u. Elektronik **2**, 133, 1905.

Die Frage, ob das „Polonium" der Frau Curie einen einheitlichen, radioaktiven Stoff enthielt, läßt sich nicht wohl anders als aus den Angaben der Autorin entscheiden. Daß man berechtigt ist, diese Angaben auch zu Schlüssen zu verwerten, welche die Autorin nicht im Auge hatte, dürfte nicht streitig sein. Frau Curie hat die Angaben[1]) über die Abnahme der Aktivität ihres Poloniums keineswegs in einer Form gemacht, welche die Vermutung gestattete, daß ihre Beobachtungen ungenau seien. Aber selbst unter dieser Einschränkung kann es keinem Zweifel unterliegen, daß das „Polonium" neben dem Radiotellur andere radioaktive Stoffe enthielt. Denn die Abweichungen in der Abnahme der Radioaktivität von dem für das Radiotellur gültigen Gesetz betrugen, wie ich gezeigt habe, bis über 100 Proz., was sich keinesfalls durch Ungenauigkeiten der Beobachtungen erklären läßt.

Als ich meine Untersuchungen über das radioaktive Wismut der Pechblende begann[2]), waren seit der ersten Veröffentlichung von P. und S. Curie[3]) über das Polonium vier Jahre

1) Untersuchungen über die radioaktiven Substanzen, übers. v. Kaufmann, Braunschweig 1904, S. 110.

2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. **35**, 2285, 1902.

3) Comptes rendus **127**, 175, 1898.

verstrichen. In dieser Zeit war die chemische Untersuchung des Stoffes nicht erheblich gefördert worden. Durch einige Fraktionierverfahren war es den Entdeckern gelungen, die Radioaktivität des Poloniums, welche diejenige des Urans um das Hundertfache übertraf, auf das Vierhundertfache zu steigern. Nachdem ich das erste Verfahren aufgefunden hatte, durch eine chemische Reaktion den radioaktiven Bestandteil vom Wismut quantitativ zu trennen, erwies sich der abgeschiedene Stoff keineswegs als einheitlich. Vielmehr bestand er zum größten Teil aus Tellur. Durch geeignete Reagenzien ließ sich der radioaktive Bestandteil dann auch vom Tellur glatt trennen. Damit war zum ersten und bisher einzigen Male ein stark radioaktiver Stoff abgeschieden worden, welcher sich durch charakteristische, chemische Reaktionen als ein neuer Grundstoff kennzeichnen und von allen bekannten Grundstoffen trennen läßt. Beim Radium sind bekanntlich solche Reaktionen bisher ebensowenig aufgefunden worden, wie beim Aktinium, Radioblei usw. Wie Frau Curie dieser Tatsache gegenüber schreiben kann: „Wir können überhaupt gegenwärtig nichts Sicheres über die chemischen Eigenschaften des reinen Poloniums sagen," während sie doch Polonium und Radiotellur identifiziert, ist mir völlig unverständlich. Sind doch die chemischen Eigenschaften des Radiotellurs so sicher ermittelt, daß die fast quantitative Abscheidung der in 5000 Kilo Uranrückständen enthaltenen wenigen Milligramm dieses Stoffes unter Benutzung der von mir aufgefundenen chemischen Reaktionen unschwer gelungen ist.[1]) Daß „chemisch reines" Radiotellur noch nicht erhalten wurde, liegt nicht an seinen chemischen Eigenschaften oder an einer mangelnden Methode, sondern lediglich am Mangel an dem Stoffe selbst.

Das Radiotellur macht dem Gewicht nach kaum den zehnmillionten Teil des Wismuts der Pechblende aus. Es ist also um mehrere Millionen mal stärker radioaktiv, als das vor seiner Abscheidung beschriebene Polonium, und übertrifft noch etwa um das Tausendfache das stärkste Poloniumpräparat, welches Frau Curie nach dem Erscheinen meiner Veröffentlichungen durch ihr mühsames Fraktionierverfahren anreichern konnte.

Ich glaubte den Lesern dieser Zeitschrift diesen kurzen Überblick über die Geschichte des Poloniums geben zu dürfen, damit sie sich selbst ein Urteil darüber bilden könnten, ob der folgende Satz aus der oben zitierten Abhandlung der Frau Curie seine Berechtigung hat: „. . . es kann also gar keine Rede davon sein, daß das Polonium Radiotellur enthält, wie es Herr Marckwald angibt, wohl aber ist die von Herrn Marckwald vorbereitete Substanz einfach dieselbe, welche ich früher entdeckt und als Polonium beschrieben habe."

Am Schlusse ihrer Abhandlung bestreitet Frau Curie, daß das Polonium (Radiotellur) dem Tellur in chemischer Hinsicht näher stände als dem Wismut. Ich habe den Stoff deshalb „vorläufig" Radiotellur genannt, weil alle seine chemischen Eigenschaften dafür sprechen, daß er denjenigen Platz im periodischen System der Elemente einnimmt, welcher für einen Grundstoff mit etwas höherem Atomgewicht als Wismut in der sechsten Gruppe des Systems noch unbesetzt ist. Von einem solchen Elemente muß man erwarten, daß es negativer als Wismut, positiver als Tellur, aus seinem Oxyd schwerer reduzierbar als letzteres Element sei, daß ferner sein Oxyd eher basische als saure Eigenschaften habe. Alles dies trifft für das Radiotellur zu. Rutherford hat ferner gezeigt, daß das Radiotellur das letzte, radioaktive Abbauprodukt des Radiums ist und wahrscheinlich gemacht, daß es in Helium und Blei zerfällt. Auch insofern würde für diesen Stoff ein Atomgewicht von rund 210 zu erwarten sein.

Aus diesen Gründen halte ich den Namen „Radiotellur" für recht passend gewählt. Indessen:

What's in a name? that which we call a rose,
By any other name would smell as sweet.

Die großen Verdienste der Frau Curie um die Entdeckung der radioaktiven Stoffe rechtfertigen es, in einer Frage, die keine weittragende Bedeutung hat, ihre Wünsche zu berücksichtigen. Deswegen schlage auch ich vor, in Zukunft den Namen „Radiotellur" durch „Polonium" zu ersetzen.

Berlin, im April 1906.

(Eingegangen 20. April 1906.)

1) Marckwald, Ber. d. deutsch. chem. Ges. 38, 591, 1905.

Zwei Versuche über die Verminderung der Ionenbeweglichkeit im Nebel.

Von J. Elster und H. Geitel.

I.

Bekanntlich läßt sich selbst bei Gegenwart kräftig ionisierender Prozesse die Leitfähigkeit der Luft dadurch in niedrigen Grenzen halten, daß man in ihr Nebel irgendwelcher Art erzeugt und so die Beweglichkeit der Ionen durch Anlagerung träger Massen verkleinert. Man kann diese Erscheinung dazu benutzen, die positive Eigenelektrisierung des Radiums

während der Aussendung der β-Strahlung nachzuweisen.

Wir wickelten ein 5 mgr Radiumbromid enthaltendes zugeschmolzenes Glasröhrchen in dünne Aluminiumfolie und senkten es, an einem isolierten Drahte befestigt, in ein zylindrisches zur Erde abgeleitetes Zinkgefäß von 65 cm Höhe und 35 cm Durchmesser ein. Verbanden wir den Draht mit einem Quadrantelektrometer, so zeigte dies, wie zu erwarten, einen negativen Ausschlag (von etwa $^1/_4$ Volt), der der Potentialdifferenz *Al*—Luft—*Zn* entsprach. Füllten wir nun das Zinkgefäß mit Salmiaknebeln an, was entweder durch Einführen von mit Ammoniakflüssigkeit und mit Salzsäure befeuchteter Wattebäusche geschah oder besser durch Einleiten eines Kohlensäurestromes, der über die genannten Flüssigkeiten gestrichen war, so kehrte sich der Sinn der Ablenkung der Elektrometernadel um; bei wachsender Dichte des Nebels wurde ein Grenzwert von etwa + 5 Volt erreicht.

Da die β- und γ-Strahlen des Radiums die Luft des Zimmers überall, wo kein Nebel zugegen war, sowie auch die im Innern des Quadrantelektrometers eingeschlossene leitend machten, so konnte der beobachtete Ausschlag nicht über eine bestimmte Grenze wachsen, die dadurch bestimmt war, daß das aus Zuleitungsdraht und Elektrometer gebildete System in gleichen Zeiten ebensoviel positive Elektrizität vom Radiumbromid aus zugeführt erhielt, als es durch Berührung mit der ionisierten Luft verlor.

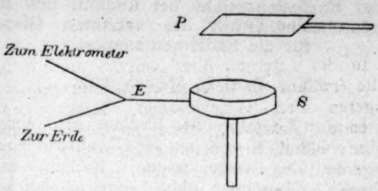
Man erhält daher nicht so hohe Potentiale, wie in dem Vakuum der sogenannten Radiumuhr von Strutt, doch dürfte die beschriebene Methode bei dem hohen Preise des Radiums insofern den Vorzug verdienen, als das kostbare Material nicht ausschließlich und dauernd für den einen Versuch festgelegt wird.

2.

Bewegen sich freie Ionen in der Luft unter der Einwirkung eines elektrischen Feldes und gelangen sie dabei in eine Nebelschicht, so müssen sie in dieser aufgehalten werden und können dadurch Veranlassung zur Entstehung elektrischer Volumladungen geben. Es ist wohl sicher, daß gewisse Störungen des normalen Potentialgefälles der atmosphärischen Elektrizität in und an der Grenze von Nebelschichten hierin ihre Erklärung finden.

Man kann leicht eine Versuchsanordnung treffen, durch die solche räumlichen Ladungen in nebelerfüllter Luft hervorgerufen werden.

Eine Metallschale S von etwa 20 cm Durchmesser und 4 cm hohem Rande wird isoliert aufgestellt und mit einem Quadrantelektrometer verbunden. Bei E ist vorläufig eine Erdleitung



angebracht, durch die das Elektrometer sowohl wie die Schale anfänglich auf dem Potentiale Null gehalten werden. Oberhalb S in etwa 20 cm Entfernung ist die Metallplatte P parallel S und isoliert befestigt, sie wird durch eine Trockensäule auf einige Hundert Volt geladen. In die Schale wird ein Strom von Kohlensäure geleitet, die mit Salmiaknebeln beladen ist; bei einiger Ruhe der Luft im Beobachtungsraume füllt das schwere Gas die Schale wie eine milchweiße Flüssigkeit bis zum Rande an.[1]) Ist dies geschehen, so wird der weitere Zufluß abgesperrt. Bringt man nun eine Quelle von Ionen, etwa ein aus einer Glasröhre brennendes Leuchtgasflämmchen, ein Stück Uranpecherz oder etwas Radiumbromid in die Nähe des Zwischenraumes PS, so tritt in der nebelfreien Luft eine Wanderung der Ionen innerhalb des elektrischen Feldes zwischen P und S ein. Ist die Platte P positiv geladen, so nimmt der Nebel in der Schale S in wenigen Minuten eine positive Ladung an. Man weist diese leicht dadurch nach, daß man zunächst die Ionisierungsquelle entfernt, P zur Erde ableitet und dann nach Unterbrechung der Erdleitung bei E den Nebel aus der Schale plötzlich hinausbläst. Das Elektrometer schlägt alsdann mit einer negativen Ladung aus, die von der positiven Elektrizität des Nebels zuvor in der Schale durch Influenz festgehalten gewesen war. Man überzeugt sich leicht davon, daß die Wirkung ausbleibt, wenn keine Ionisierungsquelle in dem Zwischenraume PS tätig gewesen ist. Die geringe spontane Ionisierung der Luft reicht bei der beschriebenen Versuchsanordnung nicht aus, eine merkliche Ladung des Nebels herbeiführen.

Der Versuch entspricht vollkommen der Erfahrung, daß Nebelschichten, die dem Erdboden aufgelagert sind, im normalen elektrischen Felde der Erde eine positive Volumladung zeigen.

1) Die Methode, durch Salmiaknebel das Kohlensäuregas sichtbar zu machen, ist schon früher von einem von uns zur Demonstration von Luftwogen benutzt worden. (Meteorol. Zeitschrift 17, 427, 1900.)

(Eingegangen 22. April 1906.)

Über Explosionsgefahr bei Radium und die Undurchdringlichkeit des erhitzten Glases für die Radiumemanation.

Von Paul L. Mercanton.

In der Literatur über Radium sind einige Fälle erwähnt, in welchen eine, während einer längeren Zeit verschlossene, Radium enthaltende Glasröhre, ohne augenscheinlichen Grund, plötzlich in Splitter zersprang. Solch einen Fall beschreibt Frau Curie und vor kurzem in dieser Zeitschrift Herr Precht. Beide schreiben die beobachteten Explosionen dem Drucke eines in der Röhre entstandenen Gases zu. Herr Precht nimmt an, daß letzteres sich aus dem Radium bildet und auf die Dauer einen (in dem angeführten Falle bis 20 Atm. geschätzten) bedeutenden Druck erreicht.

Sollte dies wirklich eine allgemeine Erscheinung sein, so dürfte, sowohl wegen deren eingehenderem Studium als der gegen Unfälle und Radiumverluste nötigen Vorsicht, das Öffnen einer längere Zeit luftdicht geschlossenen Radiumröhre dringend zu empfehlen sein.

Eine solche, seit Anfang Dezember 1902 nicht mehr geöffnete, 15 mg reinstes Radiumbromid (Giesel) enthaltende Röhre besaß das Physikalische Institut der Universität München und wurde mir von dessen Vorstand Herrn Geh. Rat Röntgen zum Öffnen anvertraut.

Es wurde dabei ein Verfahren angewandt, das, falls ein Gas unter merklichem Drucke in der Röhre vorhanden, dieses Gas spektroskopisch zu untersuchen und dessen Druck zu messen gestatte und außerdem etwaige Radiumverluste so viel als möglich verhindern sollte.

Um diesen Zweck zu erreichen, wurde eine dreiteilige Glaseinrichtung gebaut, deren Hauptbestandteil eine ca. 3 cm breite, 16 cm lange, dickwandige, vertikale, unten offene Glasröhre war. Diese als Sprengkammer dienende Röhre konnte man oben mittels eines Dreiweghahnes entweder abschließen, oder mit einem der andern Teile, auch mit dem ganzen Apparate in dichte Verbindung setzen. Die andern Teile bestanden aus einem einfachen Quecksilberbarometer und einer auch abtrennbaren Geißlerröhre. Die ganze Einrichtung war mit einer Rapsschen Quecksilberpumpe dauernd verbunden.

Die Radiumröhre sollte durch lokale Erwärmung ihrer Wand geöffnet werden. Dazu wurde sie mit einigen dicht aneinander auf ihrem Ende umgewickelten Touren dünnen Platindrahtes versehen und aufrecht im Innern des Sockels einer derart abgeschnittenen fünfzigkerzigen Glühlampe angebracht, daß dieser Sockel bei Hinzufügung von etwas Wachskitt die untere Öffnung der Sprengkammer luftdicht absperren konnte.

Die Drahtspirale wurde an Stelle des Kohlenfadens angeschlossen. Die ganze Anordnung wurde nun mit dem Öffnen einer nach genauen Maßen angefertigten und mit Luft unter atmosphärischem Druck gefüllten Glasröhre vorher probiert. Der im Vakuum erhitzte und weich gewordene Wandpunkt platzte sofort und das Quecksilber sank um 3 mm in dem Barometer.

Am 16. Februar wurde der Versuch mit der Radiumröhre angestellt. An der inneren Wand der Sprengkammer wurde ein mit Beobachtungslöchern versetztes Schutzgitter aus Messingdraht angebracht und der Lampensockel samt Radiumröhre und Heizvorrichtung luftdicht an die Kammer gekittet. Dann wurde dauernd und sorgfältig leergepumpt und mittels der Hähne zugleich die ganze Einrichtung von der Pumpe abgetrennt und die Sprengkammer abgesperrt. Als ein Strom von einigen Amperen die Platinspirale erhitzte, fing die betreffende Glasstelle an zu schmelzen, sich an den Draht anzuschmiegen, entfärbte sich gänzlich, platzte aber doch nicht, zeigte überhaupt keine Neigung, sich aufzublasen. Leider brachte das unerwartete Schmelzen der Platinspirale den Versuch zum frühzeitigen Schlusse. Sofort wurden das Barometer und die Geißlerröhre mit der Sprengkammer durch die Hähne in Verbindung gesetzt. Die Geißlerröhre zeigte keine neuen Linien als die schon vorhandenen Stickstoff- und Quecksilberlinien, insbesondere keine gelbe Heliumlinie, das Barometer fiel nur um $^2/_{10}$ mm.

Beim Abstellen des Apparates konnte trotz sorgfältigster Untersuchung durch direkte Beobachtung des erhitzten Wandpunktes nicht zweifellos festgestellt werden, ob die Röhre wirklich geöffnet war oder nicht. Das Schutzgitter erwies sich aber als sehr stark radioaktiv geworden, was zugunsten des Offenseins der Röhre sprechen dürfte.

Doch ist die Frage, ob die Radiumemanation durch weich erhitztes Glas diffundiert, bis jetzt, soviel ich weiß, nicht erörtert worden.

Dies nun zu entscheiden, habe ich den folgenden Versuch gemacht:

Nachdem das früher bearbeitete Ende der Radiumröhre wieder in einer Flamme sorgfältigst zusammengeschmolzen war, wurde dasselbe, wie das erste Mal, auf dem Lampensockel von neuem eingerichtet, die Platinspirale aber auf einer anderen noch frischen Stelle der Röhrenwand aufgewickelt. Das Ganze wurde an der unteren Öffnung einer 3 cm dicken, langen Glasröhre, in welcher ein noch nicht gebrauchtes Drahtnetz hing, angekittet. Nachdem die Radiumröhre, um die in dem Salze steckende Emanation zu befreien, eine Stunde

lang um 150^0 C erwärmt gewesen, wurde am folgenden Tage (9. März 1906) ein Strom durch die Spirale gelassen, und zwar so, daß das Glas (ein leicht schmelzbares Natriumglas) nicht bis zum Schmelzen, wohl aber bis zum Weichzustande gebracht war. Währenddessen blieb das Drahtnetz mittels einer Influenzmaschine über 20000 Volt negativ beständig geladen.

Der Versuch dauerte genau eine Stunde. Nach wie vor demselben zeigte das Netz keine Spur von Radioaktivität, doch war das Glas vollständig entfärbt und wegen des Druckes der eingesperrten Luft teilweise zwischen die Drahttouren geblasen.

Aus diesen Versuchen heraus folgt:

1. daß die Radiumemanation durch weich erhitztes Glas nicht diffundiert und daher die untere Radiumröhre bei der erwähnten Behandlung wirklich geöffnet wurde;

2. daß in dieser Röhre, nachdem sie $38^1/_2$ Monate lang ununterbrochen geschlossen geblieben war, keinesfalls Atmosphärendruck, sondern viel wahrscheinlicher ein merklicher Unterdruck herrschte.

Mehr läßt sich aus den erwähnten Untersuchungen nicht folgern, und es ist daher höchst wünschenswert, daß ähnliche Versuche an derartigen Radiumröhren überall, wo sie zur Verfügung stehen, wiederholt werden.

Eine Erklärung der von Frau Curie und Herrn Precht beobachteten Fälle dürfte man bisher kaum mit einiger Sicherheit zu äußern wagen.

München, Physikalisches Institut, März 1906.

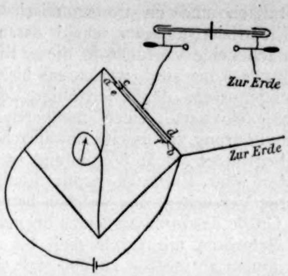
(Eingegangen 29. März 1906)

Widerstandsänderungen dünner Metallschichten durch Influenz. Eine direkte Methode zur Bestimmung der Zahl der negativen Leitungs-Elektronen.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von Emil Bose.

In der nebenstehenden Figur stellt die dünne Linie *a b* eine von der Seite gesehene, äußerst dünne Metallschicht dar, welche sich behufs Widerstandsmessung in einer Wheatstoneschen Brückenanordnung befindet. Parallel zu *a b* verlaufen zwei dickere Striche *c d* und *e f*; diese stellen zwei Belegungen dar, welche von *a b* durch erheblich größere Glasplatten oder Platten aus geeignetem anderen Isolationsmaterial getrennt sind. Beide stehen in Verbindung mit dem einen Pole einer Influenzmaschine, deren anderer Pol geerdet ist. Beim Betriebe der Influenzmaschine werden die Belege *c d* und *e f* gleichnamig geladen und *a b* durch Influenz ebenfalls, aber mit entgegen-



gesetztem Vorzeichen, zumal auch die Brückenanordnung geerdet ist.

Es ist nunmehr leicht zu übersehen, welche Art von Effekt von der Influenzierung zu erwarten sein wird, je nach den verschiedenen Vorstellungen über das Wesen der metallischen Leitung. Würde die Leitung verursacht durch gleich viele positive und negative elektrische Teilchen, denen gleiche Reibungswiderstände im Innern des Metalls entgegenstehen, so würden durch die Influenz ebensoviele Teilchen der einen Gattung herangezogen wie von der anderen entfernt. Die Gesamtzahl der Teilchen bliebe ungeändert und damit wäre auch keinerlei Änderung des Widerstandes zu erwarten. Sind die Reibungswiderstände, welche den positiven und negativen Teilchen entgegenstehen, für beide verschieden, so werden durch Influenz mehr Teilchen der leichtbeweglichen Gattung bewegt und es wird eine Widerstandsänderung auftreten können, die je nach dem Sinne der Influenzierung verschiedenes Vorzeichen, im übrigen aber ceteris paribus gleiche Größe haben muß. Sind die Reibungswiderstände der einen Teilchengattung praktisch unendlich groß, d. h. gibt es nur Leitungs-Elektronen eines Vorzeichens, so wird der Influenzeffekt besonders ausgeprägt sein und zwar haben wir eine Widerstandszunahme zu erwarten, falls die äußeren Belege Ladung von dem Vorzeichen der beweglichen Teilchen erhalten, da ja solche alsdann durch Influenz aus dem in der Brücke zur Messung gelangenden dünnen Metallstreifen verdrängt werden. Ladung der äußeren Belege mit entgegengesetztem Vorzeichen gibt eine entsprechende Widerstandsverminderung, da nunmehr die Zahl der beweglichen Teilchen vergrößert wird. Nehmen wir nun, wie zurzeit überwiegend geschieht, an, daß nur die negativen Teilchen beweglich sind, so ist bei positiver Ladung der äußeren Belege Widerstandsabnahme, bei negativer Ladung der äußeren Belege Widerstandszunahme zu erwarten. Dies fand bei meinen Versuchen auch in der Tat ausnahmslos statt.

Vielleicht ist der große Unterschied zwischen

elektrostatisch und elektromagnetisch gemessenen Elektrizitätsmengen schuld daran, daß bisher noch keine Versuche in dieser Richtung ausgeführt worden sind, wenigstens hielten fast alle Fachgenossen, denen ich obige Versuchsanordnung skizzierte, einen meßbaren Erfolg der Influenzierung für überaus unwahrscheinlich. Wie unbegründet solche Vermutung ist, zeigte sofort der über Erwarten große Einfluß bei den ersten Versuchen, aus welchen hervorgeht, daß die Größe des Influenzeffektes bei genügend dünnen Schichten mit Leichtigkeit bis auf ein Prozent genau zu messen ist und daß sich der Versuch auch direkt als Vorlesungsexperiment mit Leichtigkeit vorführen läßt. Die Messung selbst aber liefert alsdann eine völlig direkte Methode zur Bestimmung der Zahl der negativen Leitungselektronen pro Volumeinheit, deren Resultat, wie aus den folgenden Versuchsreihen hervorgeht, sich in guter Übereinstimmung mit den bisher ermittelten Zahlenwerten befindet.

Benutzt wurden überaus dünne Platinschichten auf Glimmer, wie dieselben für Widerstandszwecke Verwendung finden. Ich teile die Mittelwerte der Resultate von vier Versuchsreihen mit, die mit vier solchen Schichten verschiedener Dicke angestellt wurden. Die Daten für die vier Schichten waren

Blatt	Länge der dünnen	Breite Schicht	Widerstand der Schicht in Ohm
1	11,2 cm	2,6 cm	326
2	12,0 cm	2,5 cm	219
3	10,4 cm	2,5 cm	52,8
4	12,2 cm	2,3 cm	1600

Nimmt man an, daß dem Platin auch in diesen dünnen Schichten annähernd das gleiche Leitvermögen wie im kompakten Zustande zukommt, so ergeben sich aus den Flächendimensionen und den mittleren Widerstandswerten die mittleren Dicken der Platinschichten zu

1	$4,1 \cdot 10^{-6}$ mm
2	$7,2 \cdot 10^{-6}$ mm
3	$20 \cdot 10^{-6}$ mm
4	$0,85 \cdot 10^{-6}$ mm

Diese dünnen Platinschichten befanden sich zwischen zwei großen übereinandergelegten Glasscheiben, auf deren Außenseiten die influenzierenden Stanniolbelege angebracht waren. Die Kapazitäten der von den Platinschichten und den Belegungen gebildeten Kondensatoren betrugen der Reihe nach etwa 77, 80, 69, 74 cm. Die von der Influenzmaschine, deren Tourenzahl übrigens erheblichen Schwankungen unterlag, gelieferte Spannung betrug im Mittel etwa 76 elektrostatische Einheiten, die durch Influenz der dünnen Schicht zu- oder abgeführten Mengen Elektrizität betrugen circa 5700, 6000, 5200, 5600 Einheiten. Diese Zahlen entsprechen, da die Ladung eines einzelnen Elektrons ja aus den Untersuchungen J. J. Thomsons sowie aus den elektrochemischen Daten und der Loschmidtschen Zahl in guter Übereinstimmung bekannt ist, folgenden Anzahlen von negativen Elektronen

1	$0,89 \cdot 10^{13}$
2	$0,92 \cdot 10^{13}$
3	$0,80 \cdot 10^{13}$
4	$0,88 \cdot 10^{13}$

Berechnet man aus den obigen Dicken und den angegebenen äußeren Dimensionen der Schichten, wieviel die Vermehrung oder Verminderung der Elektronenzahl pro 1 ccm Platin betragen würde, so erhält man die Werte

1	$0,22 \cdot 10^{19}$
2	$0,13 \cdot 10^{19}$
3	$0,04 \cdot 10^{19}$
4	$1,0 \cdot 10^{19}$

Was nun die in der Wheatstoneschen Brücke gemessenen Widerstandsveränderungen betrifft, so betrugen dieselben in den vier Versuchsreihen der gewöhnlichen Reihenfolge entsprechend im Mittel 0,51, 0,30, 0,10, 5,5 Ohm, also etwa 1—4 Promille der gemessenen Widerstände.

Nimmt man an, daß der Widerstand der Schicht umgekehrt proportional dem Elektronengehalte der Schicht ist, d. h. daß die Reibungswiderstände der Elektronen dieselben bleiben, so folgen aus den beobachteten Änderungen die folgenden Werte für die Zahl der Elektronen in der Volumeinheit

1	$1,4 \cdot 10^{22}$
2	$0,95 \cdot 10^{22}$
3	$2,1 \cdot 10^{22}$
4	$0,3 \cdot 10^{22}$

also im Mittel etwa $1 \cdot 10^{22}$.

Stellt man daneben die Werte, welche bisher für die Zahl der negativen Elektronen im Platin auf verschiedenen indirekten Wegen gefunden worden sind (Richardson $5 \cdot 10^{20}$, Wilson $5 \cdot 10^{21}$, Patterson $1 \cdot 10^{22}$ [Anzahl der Platinatome pro ccm $2 \cdot 10^{23}$] und Drude 10^{24}), so zeigt sich, daß der gefundene Mittelwert sich diesen Werten aufs beste einordnet. Obgleich die vorliegenden eigenen Messungen nur rohe und vorläufige sind und auf erhebliche Genauigkeit keinerlei Anspruch machen, so ist doch ohne weiteres einzusehen, daß die Genauigkeit sich leicht ganz erheblich steigern lassen wird, falls namentlich der Messung der influenzierenden Potentiale genügende Sorgfalt zugewendet wird. Andererseits gestattet die große Präzision der Brückenmethode es leicht, auch noch bei erheblich dickeren Schichten (bei genügender Steigerung der influenzierenden Potentiale, wahrscheinlich auch bei den dünnsten gewalzten oder geschlagenen Schichten) den Influenzeffekt wenigstens nachzuweisen. Messungen an anderen Metallen (durch Kathodenzerstäubung usw. oder auf chemischem Wege

hergestellt) werden demnächst in Angriff genommen resp. sind teilweise schon begonnen. Indessen möchte der Verfasser ausdrücklich betonen, daß er sich dies Arbeitsgebiet durchaus nicht zu reservieren wünscht, sondern daß ihm im Gegenteil recht ausführliche Mitarbeit an den angeschnittenen Problemen nur erwünscht ist. Es bieten sich im Anschluß an den Influenzeffekt eine ganze Reihe von Problemen. Da wir es hier mit einer denkbarst direkten und experimentell überaus einfachen Methode zu tun haben, um Elektronenkonzentrationen in beliebigen metallischen Leitern zu bestimmen, so läßt sich an die Prüfung einer ganzen Reihe von Formeln der Elektronentheorie der Metalle denken, man erhält die Reibungswiderstände und Beweglichkeiten der Elektronen in metallischen Leitern, es läßt sich die Beeinflussung der Thermokraft dünner Thermosäulen durch Influenz vorhersehen und manches andere. Eins nur möge noch als direkt im Zusammenhange stehend mit dem Influenzeffekt erwähnt werden. Läßt man auf Schichten, welche noch erheblich dünner sind als die dünnsten von mir untersuchten, möglichst hohe influenzierende Potentiale in möglichster Nähe wirken, so kann man prozentisch den Effekt gewiß ganz erheblich steigern, im Sinne zunehmenden Widerstandes vielleicht schließlich so weit, daß man aus einer derartigen dünnen Schicht alle negativen Elektronen verdrängt. Die Metallschicht ist dann gewissermaßen Nichtleiter geworden und übt gegenüber noch stärkeren Influenzierungen keinerlei elektrostatische Schirmwirkung mehr aus. Im Sinne abnehmenden Widerstandes, d. h. zunehmender Konzentration der negativen Teilchen, ist eine solche Grenze der Schirmwirkung nicht ohne weiteres vorauszusehen. Ob die experimentelle Realisierung dieser äußersten Influenzeffekte sich ausführen lassen wird, ist vorläufig fraglich und die Schwierigkeiten dürften hier gewiß recht erhebliche werden. Die Aussichten werden bei den schlechtesten metallischen Leitern ceteris paribus am günstigsten sein.

Zum Schluß sei nur nochmals darauf hingewiesen, daß sich der Versuch mit den dünnen Platinschichten auf Glimmer direkt als Demonstrationsversuch eignet und mühelos in einer halben Stunde aufgebaut werden kann; was Versuche mit anderen Metallen betrifft, so bittet der Verfasser diejenigen Fachgenossen, welche zufällig über derartige dünnste Metallschichten-Präparate auf Nichtleitern verfügen, und welche nicht selbst Versuche daran anzustellen geneigt sind, um leihweise Überlassung derselben.

Göttingen, Physikalisches Institut.

(Eingegangen 13. Mai 1905.)

Fadenablesung am Blattelektrometer.

Von Karl Kurz.

Bei der Verwendung des Blattelektrometers in Verbindung mit Ablesemikroskop zur Messung sehr geringer Potentialdifferenzen machen sich kleine Unregelmäßigkeiten des Blättchenrandes störend bemerkbar. Schon bei 40facher Mikroskopvergrößerung ist es namentlich die schwach wellenförmige Gestalt des Blättchenrandes, die ein genaues Ablesen erschwert.[1]) Auf Veranlassung des Herrn H. W. Schmidt versuchte ich, diese Mängel des Aluminiumblättchens zu eliminieren, da ich bei quantitativen Messungen über die Wirkungen schwach radioaktiver Substanzen selbst Zehntel Teilstriche der Okularskala eines Mikroskops mit der angegebenen Vergrößerung schätzen mußte.

Versuche, das Aluminiumblättchen direkt durch einen versilberten Quarzfaden zu ersetzen, hatten keinen Erfolg; die Durchbiegungselastizität eines Quarzfadens von 0,004 mm Dicke ist noch zu groß. Außerdem bleibt der Faden nicht scharf im Gesichtsfeld des Mikroskops, da er sich nicht genau in einer Ebene bewegt. Recht gute Erfolge erzielte ich dagegen mit der Kombination eines Aluminiumblättchens mit einem Quarzfaden. Die Blättchenstellung wurde hierbei an einem am Blättchenrand eingesetzten Quarzfaden abgelesen.

Aus einem Aluminiumblättchen von 41 mm Länge und 3 mm Breite wurde an der Stelle des Blättchens, die beim Spreizen das Gesichtsfeld des Mikroskops passiert, ein Kreisabschnitt von ca. 5 bis 6 mm Sehnenlänge und 1 mm Höhe herausgenommen. (Vgl. Fig. 1.) An

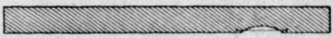


Fig. 1.

Stelle dieses Kreisabschnittes wurde dann ein Quarzfaden von ca. 6—7 mm Länge und 0,004 mm Dicke eingesetzt. Die Befestigung des Quarzfadens an dem Aluminiumblättchen gelingt am besten in folgender Weise: Man legt auf jedes Ende des Quarzfadenstückchens ein Stäubchen Siegellack. Durch einen in die Nähe gehaltenen heißen Glasstab mit ausgezogener Kugelspitze läßt man dann die beiden Siegellackstäubchen sich zu zwei feinen Kügelchen an den Quarzfaden anschmelzen. Diesen Faden legt man nun so auf das Aluminiumblättchen, daß er die geradlinige Verbindung der beiden getrennten Randteile darstellt. Man kommt wieder mit der Kugelspitze des heißen Glasstabes in die Nähe; beim Schmelzen der Siegel-

1) Vgl. H. W. Schmidt, diese Zeitschr. 7, 158 Anmerkung 2, 1906.

lackkügelchen klebt dann der Faden an zwei Punkten an dem Aluminiumblättchen fest. (Vgl. Fig. 1.)

Im Mikroskop ergibt sich ein Bild, das durch Fig. 2 dargestellt wird.

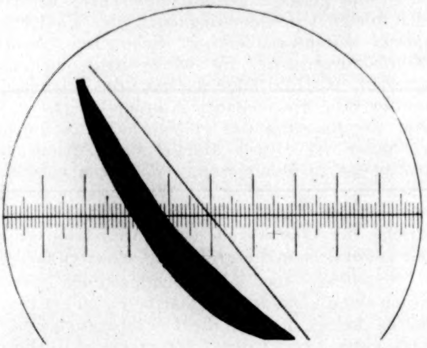


Fig. 2.

Der Quarzfaden erscheint aufgelöst in die beiden Ränder, zwei sehr feine schwarze Linien, die durch eine vollkommen helle Zone voneinander getrennt sind. Man beobachtet den Schnitt der einen der beiden Linien mit einem horizontalen Strich, der die Teilstriche der Okularskala halbiert. (Vgl. Fig. 2 und Anm. 2.) Der Quarzfaden steht scharf im Gesichtsfeld, während das Aluminiumblättchen als unscharfer schwacher Schatten die Ablesung nicht beeinträchtigt. Das Elektrometer muß erschütterungsfrei aufgestellt sein, da der Quarzfaden sonst bei äußeren Störungen in zitternde Bewegungen gerät.

Bei dieser Kombination eines Aluminiumblättchens mit einem Ablesefaden[2]) ist die leichte Beweglichkeit und Durchbiegungsfähigkeit des Aluminiumblättchens gewahrt. Dagegen sind die Fehler vermieden, die durch Unregelmäßigkeiten des Blättchenrandes in die Beobachtung hineinkommen.

1) Vgl. H. W. Schmidt, diese Zeitschr. **6**, 572, Fig. 2, 1905.

2) Natürlich werden sich statt des Quarzfadens auch andere dünne Fäden verwenden lassen.

Gießen, 24. April 1906, Physikalisches Institut der Universität.

(Eingegangen 24. April 1906.)

Über die elektrostatischen Spannungszeiger. Eine experimentelle Untersuchung über den Einfluß der Lade- und Entladezeit auf die Angaben der Elektrometer.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von Herbert Fischer.

Bei einer näheren Untersuchung der zurzeit meist in Benutzung befindlichen elektrostatischen Spannungszeiger ergibt sich das zunächst auffallende, bisher in der ganzen Fachliteratur nirgends erwähnte Resultat, daß die bis jetzt allgemein für richtig gehaltene Ansicht von der Unabhängigkeit der Elektrometerkonstanten von der Ladezeit bezw. von der Wechselzahl nicht ohne weiteres zutrifft.

In der kürzlich erschienenen 10. Auflage des Lehrbuches der praktischen Physik schreibt F. Kohlrausch auf Seite 518 wörtlich:

„Die Instrumente mit quadratischer Empfindlichkeit, Elektrodynamometer, Hitzdrahtstrommesser, Elektrometer in Doppelschaltung geben, unabhängig von der Wechselzahl und der Gestalt der Spannungskurve, direkt die effektiven Größen.“[1])

Und weiter heißt es Seite 562 u. 563:

„Elektrometrische Methoden haben für Wechselströme den Vorzug, daß die Fehler aus der Selbstinduktion fortfallen und daß bei den gebräuchlichen Wechselzahlen auch der Zuleitwiderstand und die Ladungskapazität des Instrumentes außer Betracht bleiben.

Je nach dem Elektrometer oder der Schaltung am Quadrantelektrometer verfügt man über eine, der Spannung direkt oder quadratisch proportionale Wirkung, kann also sowohl $\frac{1}{\tau}\int e\,dt$ wie auch $\frac{1}{\tau}\int e^2\,dt$, d. i. das Quadrat der effektiven Spannung direkt messen.“

Zu dem gleichen Schluß kommt Niethammer in seinem elektrotechnischen Praktikum S. 95.

Entgegen dieser allgemein vertretenen Ansicht von der Unabhängigkeit der Elektrometerangaben von der Wechselzahl weist der Verfasser der vorliegenden, an dieser Stelle nach den Hauptresultaten kurz zusammengefaßten Arbeit an Hand eines umfangreichen Zahlen-

1) Unter der Effektivspannung ist für eine sich periodisch ändernde elektromotorische Kraft die Wurzel aus den Quadraten der Momentanspannungen zu verstehen. Wird mit e der Effektivwert, mit e der Momentanwert der Spannung bezeichnet, so gilt die Gleichung:

$$e = \left[\frac{1}{\tau}\int_0^\tau e^2\,dt\right]^{1/2},$$

wenn τ die Dauer einer Periode gemessen in Einheiten der Zeit t bedeutet. Vergl. auch Kohlrausch, l. c., 10. Auflage, S. 517.

und Kurvenmaterials nach, daß nur unter ganz bestimmten Voraussetzungen die Ladezeit ohne Einfluß auf die Angaben, bezw. auf die Instrumentenkonstante ist, unter Voraussetzungen, wie sie bei der Bauart der meisten bisher verwendeten Instrumente keineswegs zutreffen.

Die experimentelle Untersuchung einer Reihe von Elektroskopen, sowie Quadrantelektrometern zeigte nämlich im Einklang mit der in der Arbeit[1]) weiter ausgeführten theoretischen Überlegung, daß nur beim Vermeiden jeglichen dielektrischen Materials bei der Herstellung der Instrumente, bezw. solcher Instrumententeile, von denen aus noch anziehende oder abstoßende Kräfte auf das bewegliche, den Zeigermechanismus tragende System zur Wirkung kommen, unmittelbar die Zurückführung von Wechsel- auf Gleichspannung möglich ist.

Eicht man daher beispielsweise eines der bisher gebräuchlichen Elektroskope, wie sie unter anderen in sonst vorzüglicher Ausführung etwa die Firma Günther & Tegetmeyer in Braunschweig liefert, mit Gleichspannung, und legt dann den mit Wechselspannung gewonnenen Beobachtungsangaben die bei Gleichspannung aufgenommene Eichkurve zugrunde, so sind Meßfehler von 10 Proz., ja 50 und mehr Prozent durchaus keine Seltenheit und zwar sind die Angaben der Elektroskope, gleiche Effektivspannungen vorausgesetzt, bei Wechselspannung in der Regel kleiner als bei Gleichspannung.

Ebenso wie bei den Elektroskopen, so ließ sich auch bei einer Anzahl von Quadrantelektrometern verschiedener Typen die Unrichtigkeit der Annahme gleicher Instrumentenkonstanten für Gleich- oder Wechselspannung nachweisen, wenn auch in geringerem Grade als bei den Elektroskopen. Bei den Quadrantelektrometern waren die Angaben bei Wechselspannung gegenüber den bei Gleichspannung beobachteten, wiederum gleiche Effektivspannung vorausgesetzt, bald kleiner, bald größer, je nachdem, ob die Nadel bei der zur Anwendung kommenden idiostatischen Schaltung an das eine oder das andere Quadrantenpaar gelegt wurde.

Diesem Übelstand von der Abhängigkeit der Konstanten der elektrostatischen Spannungszeiger von der Ladezeit kann man nur dadurch vorbeugen, daß man das ganze Gehäuse aus Metall herstellt und kein Isolationsmaterial außer etwa an Drahtdurchführungen usw. verwendet.

Ein derartiges, ganz aus Metall hergestelltes hochempfindliches Kastenquadrantelektrometer stellte Herr Ebert dem Verfasser in liebenswürdiger Weise zur Verfügung. Die Untersuchung dieses Instrumentes, auf die später noch zurückzukommen ist, ergab die Richtigkeit der aus der theoretischen Überlegung zu ziehenden Folgerung, daß bei einem derartigen von dielektrischem Material gänzlich freiem Instrument ein Einfluß der Ladedauer, bezw. Wechselzahl nicht mehr beobachtet werden kann.

Allerdings ließ sich bei dem Bau dieses Instrumentes ebensowenig wie bei dem irgendeines anderen Instrumentes umgehen, daß zum Anbringen von Fenstern oder sonstigen Durchsichten zwecks Beobachtung des beweglichen Zeigermechanismus doch noch Glas, Quarz oder dergleichen durchsichtiges nichtmetallisches Material verwendet wird. Doch hilft gegen die an diesen für die Elektrometer gewissermaßen die Achillesferse bildenden Stellen möglichen Störungen ein Umgeben mit nicht zu weitmaschiger Drahtgaze vollkommen, eine Tatsache, die auch Herrn Ebert schon bei seinen Ionenmessungen zur Verwendung von allerdings noch ziemlich grobmaschigen Drahtgittern geführt hatte.

Die Möglichkeit, durch derartige Drahtnetze die Angaben der Elektrometer von dem Einfluß der Ladedauer unabhängig zu machen, veranlaßte Herrn Ebert nach Mitteilung der Versuchsergebnisse des Verfassers, alle in seinem Besitz befindlichen zur Ionenzählung verwendeten Elektroskope auch im Innern mit Drahtnetzen zu versehen, die an den Stellen, wo die Skalen abgelesen werden müssen, kleine Ausschnitte tragen. Die Untersuchung zeigte, daß diese unbedeutenden Ausschnitte ihrerseits an der Unabhängigkeit der Angaben von der Wechselzahl nichts mehr zu ändern vermochten.

Das in diesen Zeilen kurz mitgeteilte Versuchsergebnis hat Herr Heinke bereits in einem vor kurzem erschienenen Buche, das die Meßtechnik behandelt[1]), in folgenden Worten zusammengefaßt:

> Bei den elektrostatischen Instrumenten werden Störungseinflüsse elektrischer Art, d. h. Fehlerquellen für den Zusammenhang zwischen Ausschlag und zugehöriger Spannung in erster Linie davon abhängen, ob das elektrische Feld zwischen festem und beweglichem Teil genügend geschlossen ist, so daß Änderungen der Umgebung des Instrumentes durch Körper mit verschiedener Dielektrizitätskonstante keine erheblichen Änderungen der Zahl an wirksamen elektrischen Kraftlinien durch „Streuung" verursachen können.

Streuungen, d. h. ein Abirren der elektri-

1) Der erste Teil der vorliegenden Experimentaluntersuchung wird demnächst in den Annalen der Physik erscheinen.

1) Dies Buch, die Meßtechnik benannt, ist während der Ausarbeitung des Beobachtungsmaterials als 2. Bd. des Handbuches der Elektrotechnik (herausg. von Dr. C. Heinke) im Verlag von S. Hirzel, Leipzig, erschienen. Die oben zitierte Stelle findet sich im ersten Teil S. 45.

schen Kraftlinien von dem durch eine aus mathematischen Zweckmäßigkeitsgründen vereinfacht anzunehmende Theorie vorgeschriebenen Wege lassen sich niemals bei dem Bau elektrostatischer Instrumente vermeiden, ebensowenig wie dies sich bei magnetischen Instrumenten hinsichtlich der magnetischen Streuung vermeiden läßt. Solche elektrische Streuungen sind, um ein Beispiel anzuführen, unter anderem beim Quadrantelektrometer gegeben durch die Schlitze, die sich zwischen den einzelnen Kastenquadranten befinden, und die zwar sehr klein gemacht, aber niemals ganz vermieden werden können.

Diese an den Schlitzen auftretenden Streuungen sind auch der Grund (vorausgesetzt, daß sonst das Instrument genau der Theorie entsprechend gebaut worden ist), daß die Konstante der Quadrantelektrometer auch bei bester Ausführung der Instrumente bei der Eichung immer etwas anders ausfällt, als man nach der Theorie erwartet, denn keine noch so weitgehende Elektrometertheorie dürfte imstande sein, den Potentialwert derartiger Schlitze im voraus genau anzugeben; diese Streuungen sind auch für das richtige von der Ladezeit unabhängige Funktionieren der Instrumente unbedenklich, wenn nur eine Bedingung erfüllt ist, daß nämlich die Anzahl der Streulinien bei Gleich- sowie bei Wechselspannung beliebiger Frequenz stets die nämliche ist.

Dieser Bedingung läßt sich dadurch genügen, daß alle in unmittelbarer Nähe solcher „Streustellen" befindlichen Instrumententeile ausschließlich aus Metall hergestellt werden, unter Vermeidung von Isolationsmaterial irgendwelcher Art. Am zweckmäßigsten ist es, das Gehäuse ganz aus Metall herzustellen und direkt dauernd mit dem einen Quadrantenpaar oder bei einem Elektroskop mit der einen Innenelektrode zu verbinden.

Bei der Eichung des erwähnten, ganz aus Metall hergestellten hochempfindlichen Kastenquadrantelektrometers hat sich außerdem, wie zu erwarten war, herausgestellt, daß unter diesen Umständen bei Anwendung der idiostatischen Schaltung benachbarte elektrostatische Gleich- oder Wechselfelder noch so hohen Potentials ohne Einfluß auf die Angaben derartig geschützter Instrumente sind, so zwar, daß eine Erdung eines der beiden Pole der zu messenden Spannungsquelle gänzlich unnötig ist.

Die Tatsache, daß auch bei elektrostatischen Meßinstrumenten in den Instrumenten selbst Streuungen von elektrischen Kraftlinien auftreten, wie dies in gleicher Weise bei magnetischen Instrumenten hinsichtlich der magnetischen Streuung der Fall ist, wobei in gleicher Weise wie bei magnetischen Instrumenten auch hier die Streulinien zu Störungen Veranlassung dann geben, wenn die Zahl der Streulinien mit der Wechselzahl bezw. mit der Ladedauer sich ändert, ist nicht die einzige gesetzmäßig zu verfolgende Erscheinung, die bei der Untersuchung elektrischer und magnetischer Kraftfelder von Meßinstrumenten sich als beiden Kraftfelderarten eigentümlich erweist. Vielmehr lassen sich in allen Punkten bei den bei elektrostatischen und magnetischen Meßinstrumenten auftretenden Kraftwirkungen Analogien feststellen, die Herrn Ossanna in Verfolgung einer schon lange gehegten Ansicht versuchen ließen, auch für die elektrostatischen Meßinstrumente nach ähnlichen Beziehungen zu forschen, wie sie für magnetische Zwangszustände schon lange bekannt sind.

So läßt sich beispielsweise unschwer nachweisen, daß die Antriebe, die vom Strom durchflossene Drähte in magnetischen Kraftfeldern erfahren, nicht den Feldstärken selbst unmittelbar proportional sind, sondern den Änderungen, die die Feldstärken bei einer Bewegung des Stromträgers erfahren. Es zeigte sich nun, daß dieselbe Beziehung auch bei elektrischen Feldern vorliegt.

Es liegt nicht in der Absicht des Verfassers, in dieser vorläufigen Mitteilung die betreffende Ableitung des Herrn Ossanna selbst zu bringen, zumal diese Ableitung Gegenstand eines besonderen kurzen Aufsatzes sein wird; nur so viel mag hier ausgeführt werden, daß es Herrn Ossanna nach Mitteilung der der vorliegenden Arbeit zugrunde liegenden Beobachtungsresultate gelang, eine Formel aufzustellen, die in einfachster Weise einen Überblick über die bei den elektrostatischen Instrumenten auftretenden Kraftbeziehungen gibt.

Definiert man die Ausschlagsempfindlichkeit eines in idiostatischer Schaltung befindlichen Quadrantelektrometers oder sonstigen elektrostatischen Spannungszeigers durch die Gleichung $\alpha = S \cdot E^2$, in der unter α die Ausschlags-, unter E die Spannungseinheiten verstanden sein mögen, während S das Symbol der Ausschlagsempfindlichkeit bedeutet, so lassen sich die bei den Elektrometern auftretenden Kraftbeziehungen nach Herrn Ossanna in die Formel zusammenfassen

$$S = \frac{\dfrac{dC}{d\alpha}}{2D},$$

wenn mit C der Kapazitätswert des Instrumentes[1]) und mit D die mechanische Reduk-

1) Da in der Formel nur der Differentialquotient $\frac{dC}{d\alpha}$ steht, kommt es auf den Absolutbetracht der Kapazität nicht an. Die Messung der Kapazität des zu untersuchenden Instruments zwecks Bestimmung der Empfindlichkeit kann daher mit Beibehaltung von Zuleitungsdrähten, sowie ohne Abschaltung eines dem Instrument etwa vor oder nebengeschalteten Kondensators erfolgen.

tionskraft bezeichnet wird. Die vorliegende Formel ist zwar indirekt auch bereits in den von den Herren Hallwachs, Heinke und Orlich u. a. aufgestellten Elektrometertheorien bezw. Gleichungen enthalten, aber gerade für die für den Instrumentenbau besonders wichtige Größe, nämlich für die Ausschlagsempfindlichkeit ist bisher eine so einfache alle auftretenden Kräfte berücksichtigende Gleichung selbst nicht aufgestellt worden.

Aus derselben ist sofort zu ersehen, worauf es für das richtige Funktionieren der Elektrometer ankommt; sollen die Angaben dieser Instrumente unabhängig von der Ladezeit sein, sollen ferner äußere elektrostatische Felder nicht mehr auf die Instrumente einwirken, so muß der Wert von $\frac{dC}{d\alpha}$ eine nur von α abhängige Größe sein, was sich dadurch erreichen läßt, daß bei der Herstellung des Instrumentes dielektrisches Material außer zu Drahtdurchführungen nicht verwendet wird, und daß das bewegliche System von einem vollkommen metallisch geschlossenen mit dem einen Spannungspol unmittelbar verbundenem Metallgehäuse umgeben ist.

Von einer weiteren praktischen Anwendung der durch die Formel für den Bau von elektrostatischen Spannungszeigern gewonnenen Konstruktionsbedingungen wird am Schluß dieser Mitteilung noch die Rede sein.

An Hand der durch die Untersuchung des eingangs erwähnten Präzisionskastenquadrantelektrometers gewonnenen Daten gelang es dem Verfasser, für die Richtigkeit der Formel des Herrn Ossanna auch experimentell den Nachweis zu erbringen, indem bei diesem Instrument selbst die ganz kleinen Änderungen der Instrumentenkonstante mit dem Ausschlag direkt proportional waren den ebenfalls sehr kleinen Änderungen des Kapazitätswertes. Zur Messung der Kapazität gelangte in der vorliegenden Arbeit das von Herrn Sahulka [1]) vorgeschlagene Verfahren zur Anwendung, mit Hilfe dessen man bei einer allerdings notwendigen kleinen Einschränkung wohl allein imstande sein dürfte, sehr kleine Kapazitätsbeträge (in der Größenordnung von einigen Zentimetern) auf einzelne Prozente genau festzustellen, zumal dann, wenn die Isolation des auf Kapazität zu messenden Körpers nicht so vollkommen ist, daß die von Herrn F. Harms in dieser Zeitschrift im 5. Jahrgang S. 47—50 beschriebene Meßmethode mittels der Gleichspannungsladungsteilung durchführbar ist.

Von diesem Teil der Arbeit mag hier nur erwähnt werden, daß durch Präzisierung des von Herrn Sahulka begründeten Verfahrens zur Messung von Kapazitäten auf dem Wege einer Superpositionsmessung der Kapazitätswert des von Herrn Harms für seine Meßmethode benutzten Luftkondensators auf 41,5 cm festgelegt wurde, welcher Wert mit dem in der erwähnten Arbeit l. c. angegebenen numerisch völlig übereinstimmt.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit konnten auch nach der praktischen Seite hin, wie erwähnt, bereits Anwendung finden.

Die bisher gebauten elektrostatischen Spannungszeiger sind ausschließlich nur für einen Meßbereich zu verwenden; will man trotzdem mit ein und demselben Instrument auch höhere Spannungen messen, so sind besondere Vorschaltkondensatoren notwendig. Solche Kondensatoren sind einmal schwer zu beschaffen, außerdem nicht unabhängig von der Ladezeit, weil es nicht wohl möglich ist, die Kondensatoren ohne Verwendung irgendeines festen Dielektrikums herzustellen. In neuerer Zeit hat man versucht, von vornherein in die Instrumente gleich Kondensatoren einzubauen, die je nach dem gewünschten Meßbereich einzeln oder gruppenweise kurz geschlossen werden können. Damit ist aber hinsichtlich der erwähnten Unannehmlichkeiten noch keinerlei Besserung geschaffen, abgesehen davon, daß die Zahl dieser Kondensatoren und damit die Anzahl Meßbereiche nicht beliebig vergrößert werden kann. Der Verwendung von besonderen Kondensatoren ist außerdem durch die zu messende Spannung selbst eine bestimmte Grenze gesetzt, indem von 70 Kilo Volt etwa an Vorschaltkondensatoren überhaupt nur schwer hergestellt werden können, weil bei solchen Spannungen auch das beste Isolationsmaterial mit der Zeit schadhaft wird, wenn nicht direkt unter dem Einfluß der Spannungen selbst, so doch unter der zerstörenden Wirkung der durch die hohen Spannungen ozonisierten bezw. mit Salpetersäuredämpfen geschwängerten Luft. Die Versuchsergebnisse der vorliegenden Arbeit, die gewissermaßen in der Formel des Herrn Ossanna ihren Abschluß gefunden haben, legten den Gedanken nahe, die Verringerung der Empfindlichkeit der Instrumente und eine damit bewirkte Erweiterung des Meßbereiches durch Änderung des Kapazitätswertes in dem Instrument selbst durch Anbringen einer beweglichen Elektrode zu versuchen, da aus verschiedenen Äußerungen in Fachzeitschriften usw. zu ersehen ist, daß ein Bedürfnis nach einem Elektrometer mit variablem Meßbereich vorliegt. Ein solches Elektrometer wurde von dem Verfasser konstruiert und zum Reichsschutz angemeldet. Über den Bau dieses Instruments sowie über die Eichresultate wird demnächst in der Zeitschrift für Instrumentenkunde ausführlich referiert werden. Nur so viel

1) Wiener Sitzungsberichte **102** (2), 775, 1893.

mag erwähnt werden, daß es gelang, ein Instrument zu bauen, bei dem die oben erwähnten Nachteile vermieden wurden, indem im Innern des Instruments selbst ein Isolationsmaterial überhaupt nicht mehr vorhanden ist und außerdem bei Überschreiten einer bestimmten Spannung die Verkleinerung der Empfindlichkeit und Vergrößerung des Meßbereiches nur durch Verringerung der Anzahl der zur beweglichen Elektrode gelangenden wirksamen Kraftlinien erreicht wird. Damit war außerdem die Möglichkeit gewonnen, ein Instrument zu schaffen, für den es einen oberen Meßbereich nicht gibt, was bei einem ebenfalls von dem Verfasser nach dem von Herrn Krukowski in Kiew zuerst vorgeschlagenen gesetzlich geschützten Kompensationsverfahren gebauten Instrument nicht der Fall ist. (Bei diesem Instrument wird der Meßbereich durch eine durch elektromechanische Torsion vergrößerte Reduktionskraft erweitert; diese Möglichkeit, die Empfindlichkeit der Instrumente zu verringern, geht ebenfalls aus der Formel des Herrn Ossanna sofort hervor.) Auch über das Kompensationsinstrument wird in der Zeitschrift für Instrumentenkunde demnächst referiert werden.

Elektrotechnisches Institut der technischen Hochschule München.

(Eingegangen 7. Mai 1906.)

Über die Empfindlichkeit des Quadrantelektrometers.

Von Emil Cohnstaedt.

Beim Quadrantelektrometer lagert sich über die Direktionskraft der Aufhängung eine die Empfindlichkeit vermindernde, diese bei steigendem Hilfspotential nur bis zu einem Maximum[1]) ansteigen lassende elektrische Direktionskraft[2]), über deren eventuellen Ursprung Herr Walker eine Theorie veröffentlicht hat.[3]) Ich habe diese Erscheinung wesentlich unter dem Gesichtspunkt die Empfindlichkeit des Quadrantelektrometers zu vermehren auf Anregung des Herrn Professor Hallwachs untersucht und möchte durch Krankheit am Weiterarbeiten zunächst verhindert kurz über die bisherigen Resultate berichten.

Die Einwirkung der elektrischen Direktionskraft verschwand bei einer Reihe von Nadeln verschiedener Form bezw. kehrte sich im Richtungssinn um. Indem bei jedem anderen Wert des Hilfspotentials die Nadeln von neuem in die Minimumstellung gebracht wurden, ergab sich bei Quadrantschaltung keine Abnahme, sondern eine kleine Zunahme der Schwingungsdauer mit dem Hilfspotential z. B. von 4,8 sec bei allseitiger Ableitung bis 6,3 sec bei 1000 Volt. Demgemäß vermehrte sich die Empfindlichkeit schneller wie das Hilfspotential, bis schließlich kein Gleichgewicht mehr zu erhalten war. Sie ließ sich nach den bisherigen Resultaten etwa auf das Dreifache oder mehr der unter sonst gleichen Umständen vorhandenen Maximumempfindlichkeit steigern. Z. B. lieferte eine 45^0-Vollnadel bei 940 Volt Nadelpotential und 6,3 sec Schwingungsdauer für 1 Volt bei 2 m Abstand einen einseitigen Ausschlag von 350 mm; bei einer 90^0-Nadel kam man bei nicht viel größerer Schwingungsdauer auf 480 mm.[1])

Die Form von Nadel und Spalt scheint nicht, wie es die oben zitierte Theorie will, von ausschlaggebendem Einfluß zu sein. Auch die aus fast unvermeidlichen seitlichen Verschiebungen der Nadel infolge der Fadenablenkung auftretenden Drehkräfte sind nicht entscheidend, weil die Direktionskraft auch nach Beseitigung dieser Verschiebungen bestehen bleibt. Vielmehr dürfte, soweit es sich bis jetzt übersehen läßt, die Ursache bei den Quadranten liegen, deren Flächen sich gewöhnlich nicht zu einer Ebene ergänzen, sondern am Spaltort Kanten liefern. Diese veranlassen, daß die Kapazität der Nadel gegen die Quadrantenschachtel in der Symmetrielage ein Maximum oder bei anderer Orientierung der Kanten ein Minimum besitzt, als dessen Folge dann die elektrische Direktionskraft, in ihrer Größe nicht unabhängig von der Nadelform, auftritt.

1) Vgl. die Werte in F. Kohlrausch, Lehrbuch, 10. Auflage, S. 554, 1905, welche auf Messungen von Herrn Orlich beruhen, wohl aber mit einer größeren Nadel erhalten sind.

Physikalisches Institut der techn. Hochschule Dresden. Mai 1906.

(Eingegangen 16. Mai 1906.)

1) E. Orlich, Ztschr. f. Instrumentenkunde **23**, 97, 1903.
2) G. Gouy, Journ. d. phys. (2) **7**, 97—109, 1888.
3) W. Walker, Phil. Mag. (6) **6**, 238—250, 1903.

Über die Helligkeit glühender schwarzer Körper und über ein einfaches Pyrometer.[1])

Von W. Nernst.

Über die Lichtmenge, ausgedrückt in Hefnerkerzen, die ein glühender, im Kirchhoffschen Sinne schwarzer Körper pro qmm ausstrahlt, liegen nur sehr wenige Angaben vor, obwohl diese Größe offenbar von erheblichem wissenschaftlichem Interesse, und, was die Leuchttechnik anlangt, von geradezu ausschlaggebender Bedeutung ist.

Nach einer gelegentlichen Mitteilung der

1) Aus dem physikalisch-chemischen Institut der Universität Berlin.

Herren Lummer und Pringsheim[1]) sendet 1 mm² schwarzer Strahlung aus:

bei 1449^0 abs. Temp.		0,0042	Hefnerkerzen
„ 1597	„ „	0,022	„
„ 1707	„ „	0,064	„

Ferner veröffentlichte ich[2]) die Beobachtung, daß beim Schmelzpunkte des Platins die schwarze Strahlung 0,91 pro mm² beträgt.

Da anläßlich einer mit v. Wartenberg gemeinschaftlich ausgeführten Arbeit ein Wanner-Pyrometer sorgfältig optisch geeicht worden und so die Möglichkeit zu wahrscheinlich sehr genauen Temperaturmessungen gegeben war, so versuchte ich, die oben besprochene Frage in weiteren Temperaturgrenzen zu behandeln.

§ 1. Methode. Als schwarzen Körper benutzte ich einen einseitig geschlossenen, mit Manganoxyd geschwärzten Zylinder, der sich in einem elektrisch geheizten Rohre aus Platin, Platiniridium oder Iridium befand; wegen Einzelheiten sei auf die Arbeit von v. Wartenberg und mir[3]) verwiesen, woselbst auch über das benutzte Wannerinstrument nähere Angaben sich vorfinden. Sämtliche unten mitgeteilte Literaturangaben haben auch hier zur Voraussetzung, daß der Schmelzpunkt des Goldes 1064 + 273 in abs. Zählung beträgt und daß die Konstante des Wien-Planckschen Strahlungsgesetzes den Wert von 14600 besitzt. Sollte eine dieser Angaben späterhin eine merkliche Korrektur erfahren, so ließen sich leicht auch die angegebenen Temperaturen entsprechend umrechnen.

Zur Bestimmung der Lichtemission benutzte ich Glühkörper, deren Dicke genau gemessen war, und die im wissenschaftlichen Laboratorium der Glühlampenfabrik der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft freundlichst für verschiedene Stromstärken wiederholt sehr sorgfältig photometriert worden waren, und zwar wurde durch Vorsetzen eines Schlitzes von 1 cm Breite die Lichtemission eines 1 cm langen mittleren Stückes des Glühkörpers ermittelt.

Es wurde bei den eigentlichen Messungen dieses mittlere Stück dicht vor die Öffnung des elektrischen Ofens gesetzt und durch Variieren der Stromstärke der Stift auf gleiche Helligkeit mit dem im Innern des Ofens befindlichen „schwarzen" Körper eingestellt. Diese Einstellung kann ziemlich genau durch Beobachtung mit bloßem Auge, nötigenfalls unter Vorschalten eines Rauchglases erfolgen; besser geschieht die Beobachtung mit Hilfe eines einige Meter entfernt aufgestellten Fernrohrs. Der glühende Stift verschwindet bei richtiger Einstellung fast völlig auf dem leuchtenden Hintergrunde, sodaß die hier benutzte Methode hinreichende Genauigkeit liefert.

Die Glühstifte waren für Messungen bei niederer Temperatur aus einem Gemenge aus Thoroxyd und Platinschwamm hergestellt; ihre Dicke betrug 0,5 bis 1,0 mm. Für höhere Temperaturen benutzte ich elektrolytische Glühstifte.

§ 2. Messungen. Tabelle 1 enthält die mit verschiedenen Platinstiften gewonnenen Zahlen; zum Vergleichen sind die oben mitgeteilten, auf ganz anderem Wege von Lummer und Pringsheim gewonnenen Zahlen mit einem * eingefügt, welche sich meinen Beobachtungen sehr gut einreihen. In der folgenden, wie in den späteren Tabellen bedeutet K die Lichtemission in Hefnerkerzen pro qmm und T die absolute Temperatur.

Tabelle 1.

K	R beob.	T ber.	Diff.
0,0042*	1449*	1450	− 1
0,0038	1462	1441	+ 11
0,0241	1596	1607	− 9
0,022*	1597*	1598	− 1
0,053	1693	1690	+ 3
0,064*	1707*	1710	− 3

In Tabelle 2 befinden sich die mit einem elektrolytischen Glühstift von 1,08 mm Dicke gewonnenen Zahlen:

Tabelle 2.

K	T beob.	T ber.	Diff.
0,66	2027	2025	+ 2
1,80	2182	2197	− 15
2,72	2290	2276	+ 14

In Tabelle 3 schließlich sind noch die Resultate einer Reihe gelegentlich ausgeführter Messungen verzeichnet, auf deren Genauigkeit ich etwas geringeres Gewicht legen möchte, die aber doch zeigen, daß Stifte sehr verschiedener Dicke recht gut miteinander stimmende Zahlen liefern. Es betrugen nämlich die Dicken der Stifte

Nr.	I	II	III	IV
Dicke	0,37	0,37	0,67	1,08 mm.

Tabelle 3.

Nr. des Stifts	K	T beob.	T ber.	Diff.
I	0,52	2013	1986	+ 27
II	0,81	2077	2057	+ 20
IV	1,00	2097	2092	+ 5
II	1,11	2101	2109	− 8
IV	1,12	2101	2111	− 10
III	0,88	2104	2070	+ 34
III	0,96	2107	2076	+ 31
IV	2,25	2245	2238	+ 7
III	2,50	2284	2258	+ 26

1) Vergl. darüber Rothmund, Zeitschr. f. anorganische Chemie **31**, 140, 1902.
2) Diese Zeitschrift **4**, 733, 1903.
3) Verhandlungen der Deutsch. physik. Ges. **8**, 48, 1906.

§ 3. Theoretisches. Wie Haber[1]) und Lucas[2]) betonten, kann man offenbar das ganze sichtbare Spektrum als eine Verbreiterung einer mittleren Wellenlänge betrachten (etwa 0,54 μ) und darauf die Wien-Plancksche Gleichung anwenden, wonach die Helligkeit einer aus der Emission eines schwarzen Körpers herausgeschnittenen Spektrallinie nach der Formel

$$\log^{10} K = -\frac{A}{T} + B$$

mit der Temperatur anwächst. Aus den in Tab. 1 und 2 mitgeteilten Messungen ermittle ich für die Konstanten A und B die Werte 11230 und 5,367, woraus folgt:

$$T_{\text{ber.}} = \frac{11230}{5,367 - \log^{10} K}.$$

Diese Gleichung gibt nun, wie die in Tab. 1 u. 2 angeführten Differenzen zwischen T beob. und T ber. zeigen, in der Tat eine gute Übereinstimmung mit der Messung und auch die in Tab. 3 mitgeteilten, weniger genauen Messungen liefern keine über Erwarten große Abweichungen.

Erwähnt sei noch, daß bereits vor Haber Rasch[3]) den Ausdruck (1) wie Haber bemerkt, „auf Grund wohl minder einfacher Überlegungen" benutzt hat.

§ 4. Nutzanwendungen. Die Gleichung 2 erlaubt nunmehr durch Bestimmung der Lichtemission pro qmm die Temperatur des als schwarz vorausgesetzten glühenden Körpers zu ermitteln; für die in der Praxis benutzten Leuchtkörper (Kohle, Osmium, Tantal, elektrolytische Glühkörper) dürfte diese Voraussetzung meistens, besonders nach längerer Brenndauer, nahe stimmen. Folgende kleine Tabelle enthält für die Lichtemission K die dazugehörigen abs. Temperaturen:

$K=$	0,005	0,01	0,05	0,1	0,5	1,0	2,0
$T=$	1464	1524	1685	1764	1982	2092	2217
$K=$	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	15,0	20,0
$T=$	2357	2446	2516	2571	2619	2680	2763.

Daß ein photometrierter Glühkörper ohne weiteres ein ziemlich genaues Pyrometer liefert, habe ich schon früher betont[4]), wie auch den Umstand, daß das Prinzip bereits von Holborn und Kurlbaum in ihrem Photometer benutzt worden ist. Besonders einfach wird dies Prinzip in der Ausführung, wenn man nicht, wie Holborn und Kurlbaum, ein Vakuumlämpchen, sondern, wie auch in dieser Arbeit von mir geschehen, einen in freier Luft glühenden Vergleichsstift von genau bestimmbarer Dicke benutzt.

1) F. Haber, Thermodynamik technischer Gasreaktionen S. 271 (München 1905).
2) Diese Zeitschrift 6, 19, 1905.
3) Annalen d. Phys. 14, 193, 1904.
4) Zeitschr. f. Elektrochem. 623, 1903.

Für höhere Temperaturen empfehlen sich besonders elektrolytische Glühkörper, die, wenn sie ca. 24 Stunden bei normaler Belastung gebrannt haben, bei Unterbelastung Hunderte von Stunden, wie mich viele Tausende von Messungen gelehrt haben, eine höchst befriedigende Lichtkonstanz besitzen. Und zwar empfehlen sich sowohl im Interesse einer genaueren Einstellung, wie auch wegen der größeren Unempfindlichkeit gegen Luftströmungen besonders 1 Amperestifte (Dicke ca. 1 mm). Die Abhängigkeit der Lichtemission pro mm^2 von der Stromstärke i betrug z. B. bei dem von mir benutzten Stift (Dicke 1,08 mm):

$i=$	0,45	0,50	0,60	0,75	1,00
$K=$	0,66	1,00	1,46	2,54	4,83.

Durch graphische Interpolation lassen sich die beliebigen Stromstärken entsprechenden Lichtemissionen hinreichend genau entnehmen.

Zu beachten ist aber, daß zuweilen verschiedene Seiten desselben Stiftes etwas verschiedene Helligkeit besitzen und daß daher die photometrierte Seite des Stiftes bei der Temperaturmessung dem Beobachter zugewandt werden muß.

Die Einstellungsgenauigkeit nähert sich der des Wannerpyrometers; Änderungen der Temperatur von wenigen Celsiusgraden sind auch bei Weißglut leicht zu beobachten.

Ich hatte früher[1]) angegeben, daß beim Schmelzpunkte des Platins ein schwarzer Körper 0,91 Kerzen pro qmm emittiert. Setzen wir nach v. Wartenberg und mir diese Temperatur gleich 2018, so berechnet sich eine Lichtemission von nur 0,634 Kerzen; da die frühere Bestimmung in einem Iridiumofen ausgeführt wurde, so ist, was mir damals noch nicht bekannt war, wahrscheinlich durch Aufnahme von etwas Iridium der Schmelzpunkt und somit auch die Lichtemission merklich erhöht worden.[2])

Für die Lichtemission bei dem Schmelzpunkte des Iridiums fand ich früher 12,1, woraus sich eine Temperatur von 2621 abs., somit 2348° in gewöhnlicher Zählung ergibt.

§ 5. Die wissenschaftliche Festlegung der Hefnerkerze. Einen so außerordentlichen Fortschritt die Einführung der Hefnerkerze auch seinerzeit bedeutete, so läßt sich doch nicht verkennen, daß ihre praktische Realisierung mit einer Genauigkeit, wie sie den photometrischen Methoden zurzeit entspricht, nicht ganz leicht durchgeführt werden kann, und man verwendet

1) Diese Zeitschr. 4, 733, 1903.
2) Ein in freier Luft glühender, gut mattierter Platindraht lieferte vor dem Durchschmelzen bis 0,4 Kerzen pro mm^2, was einer Temperatur von 1690° (gewöhnlicher Zählung) entsprechen würde; es scheint plausibel, daß diese Zahl ca. 50° unter dem wahren Schmelzpunkte liegt, teils weil der mattierte Draht ein unvollkommener schwarzer Körper ist, teils weil man den Schmelzpunkt unvollkommen erreicht.

daher, z. B. in der Glühlampenindustrie, wohl ausschließlich anderweitig (z. B. in der Reichsanstalt) geeichte Glühlampen als Lichtnormalen. Ohne von der Hefnerkerze irgendwie abzugehen, könnte dieselbe etwa in der Weise wissenschaftlich definiert werden, daß man die Temperatur des schwarzen Körpers bestimmt, bei welcher ein mm^2 gerade eine Kerze liefert; dieselbe läge, nach den Ergebnissen dieser Arbeit bei 2092 abs., gleich 1819 in gewöhnlicher Zählung. Bei dieser Temperatur ist auch die Zusammensetzung des Lichtes nahe die gleiche wie diejenige der besseren neueren Lichtquellen, im Vergleich zu denen bekanntlich das Licht der Hefnerkerzen selber stark rot erscheint. Angesichts der Genauigkeit der optischen Temperaturmessung (z. B. mit Hilfe des Wannerpyrometers) und der Genauigkeit der photometrischen Methoden ließ sich die obige Temperatur zweifellos mit jeder, auch in Anbetracht des starken Ansteigens der Helligkeit mit der Temperatur, wünschenswerten Sicherheit ermitteln und an einer geeigneten Zentralstelle (z. B. in der Reichsanstalt) wäre ohne besondere Schwierigkeit[1]) die zeitweise Realisierung dieser Lichteinheit auszuführen.

Als praktische Etalons, die an die obige ideelle Hefnerkerze anzuschließen wären, würden sich außer gewöhnlichen Glühlampen, wie sie bisher im Gebrauche sind, besonders auch kleine 2 Volt-Osmium-Lampen empfehlen, die durch einen kleinen Akkumulator zu speisen und mittels eines Präzisionsvoltmeters (z. B. den ausgezeichneten kleinen Akkumulatorenprüfern von Hartmann und Braun) einzustellen wären. Derartige Etalons hätten zugleich den Vorzug leichter Transportfähigkeit und Unabhängigkeit von elektrischen Anlagen; zudem liefern auch unterbelastete (und daher sehr konstant brennende) Osmiumlampen ein für die Photometrierung hinreichend weißes Licht.

Eine derartige wissenschaftliche Festlegung der Hefnerkerze und die damit verbundene Möglichkeit, zuverlässige und bequem transportable Etalons für Lichtstärken in den Handel zu bringen, würde gewiß dazu beitragen, der Hefnerkerze zur allgemeinen (auch internationalen) Anerkennung zu verhelfen.

1) Am einfachsten nach meinen Erfahrungen mit Hilfe von Platiniridiumöfen.

(Eingegangen 25. März 1906.)

Ein Demonstrationsversuch zum Nachweis ultraroter Strahlen.

(Eine Erwiderung.)

Von Albert Dahms.

In dieser Zeitschrift **7**, 35, 1906, sieht sich Herr Giesel veranlaßt, auf meine Darlegungen in Band **6**, 676, 1905 dieser Zeitschrift eine Erwiderung zu geben. Diese bestätigt zwar die Richtigkeit meines Nachweises, daß Herrn Giesel an dem von ihm beschriebenen Demonstrationsversuch[1]) keinerlei wie auch immer gearteter Prioritätsanspruch zukommt; gleichwohl bin ich genötigt, auf sie wegen ihrer Form und wegen ihrer irrtümlichen Angaben zurückzukommen.

Der Sachverhalt ist folgender. 1901 wird ein von mir selbständig gefundener, von mir als wesentlich neu und als besonders instruktiv angesehener Demonstrationsversuch zum Nachweis ultraroter Strahlen von mir Herrn Giesel brieflich mitgeteilt. Kurze Zeit, nachdem dieser Versuch in meiner Habilitationsschrift[2]) beiläufige Erwähnung gefunden hatte, macht Herr Giesel eben diesen Versuch zum Gegenstand eines besonderen Aufsatzes[1]), welcher seiner ganzen Form nach nicht als Referat aufgefaßt werden kann. Der Versuch wird darin von Herrn Giesel genau mit den von mir ihm brieflich mitgeteilten Einzelheiten beschrieben; eine Erwähnung, daß der Versuch nicht Herrn Giesel selbst zum Urheber habe, findet nicht statt, sodaß jeder unbefangene Leser die Ansicht gewinnt, daß Herr Giesel einen von ihm herrührenden Versuch zur öffentlichen Kenntnis bringe. In der Tat wird über den Versuch als über einen Gieselschen referiert[3]) (nebenbei bemerkt, der Versuch auch in öffentlichen Vorträgen als Gieselscher vorgeführt). Ich mache Herrn Giesel auf diese irrtümliche Auffassung aufmerksam, in der festen Überzeugung, daß es nur dieses Hinweises bedürfe, um eine Berichtigung eines solchen unliebsamen Irrtums herbeizuführen. Wider alles Erwarten erklärt Herr Giesel, eine Berichtigung ablehnen zu müssen. Infolgedessen sehe ich mich gezwungen, nach meiner Kenntnis der Sachlage die öffentliche Rektifikation zu übernehmen. Erst jetzt findet Herr Giesel sich bereit, seinerseits öffentlich zuzugeben, daß der in seinem erwähnten Aufsatz beschriebene und eben infolge der Form dieses Aufsatzes von anderer Seite ihm selbst zugeschriebene Demonstrationsversuch nicht ihn selbst zum Urheber habe; er führt ihn jetzt (ohne die betreffende Literaturangabe zu zitieren) wesentlich auf H. Becquerel zurück.

Entweder hat nun Herr Giesel diese seine vermeintliche Kenntnis von der Autorschaft Becquerels schon bei der Abfassung seines ersten Aufsatzes gehabt — dann ist es schwer verständlich, weshalb Herr Giesel des Urhebers des von ihm ausführlich und mit den von mir

1) Diese Zeitschrift **4**, 862, 1903.
2) Leipzig 1903 bei O. Leiner.
3) Wildermanns Jahrbuch der Naturwissenschaften **20**, 28—29, 1905.

ihm mitgeteilten Einzelheiten beschriebenen Versuches mit keinem Wort gedenkt —, oder Herr Giesel hat diese Kenntnis erst später erlangt — dann bleibt es ebenso schwer verständlich, weshalb Herr Giesel auf meinen im vorigen Jahre brieflich an ihn gerichteten Prioritätsanspruch mich ohne Kenntnis des ihm bekannten eigentlichen Urhebers läßt. Ich würde natürlich — ganz im Gegensatz zu Herrn Giesel — keinen Augenblick gezögert haben, meine frühere Publikation durch Angabe fremder Prioritätsrechte zu ergänzen und richtig zu stellen.

Der eigentliche Autor des Versuchs — von der vorteilhaften, von mir eingeführten Verwendung des Jenenser Blauviolettglases abgesehen — ist, wie ich mich jetzt überzeugt habe, nicht H. Becquerel, sondern G. Le Bon[1]), welcher meines Wissens als erster den Versuch beschreibt, Metallgegenstände und dergl. durch eine Hartgummiplatte hindurch auf einem mit phosphoreszierendem Zinksulfid überzogenen Schirm abzubilden. H. Becquerel[2]) hat dann den Le Bonschen Versuch wiederholt und ihn mit der Durchlässigkeit des Hartgummis für ultrarote Strahlen erst richtig gedeutet. Wenn dagegen Herr Giesel schreibt, nach seiner Kenntnis habe H. Becquerel als erster die Durchlässigkeit des Hartgummis für ultrarotes Licht erkannt, so ist Herr Giesel auch darin schlecht unterrichtet; er möge mir gestatten, daß ich seine Angaben auch noch in diesem Punkte richtig stelle: die Diathermanität des Hartgummis oder Ebonits wurde bereits 1881 von W. Preece[3]) gefunden.

Persönlich möchte ich noch bemerken, daß ich seinerzeit Herrn Giesel brieflich um seine Zustimmung dazu gebeten hatte, den strittigen Punkt betreffende Teile unserer Korrespondenz zur Kenntnis unparteiischer Seite bringen zu dürfen. Obwohl dieser Brief nachweislich in die Hände des Herrn Giesel gelangt ist, hat Herr Giesel auf meine Anfrage mich nicht einer Antwort teilhaftig werden lassen. Herr Giesel kann sich deshalb nicht wundern, wenn ich unter Berücksichtigung des Sprichwortes „Qui tacet, consentire videtur" meine Maßnahmen treffen zu dürfen glaubte. Gegen den Vorwurf der Indiskretion, welcher mir in den Worten des Herrn Giesel zu liegen scheint, ich habe eine private Korrespondenz an die Öffentlichkeit gezogen, erhebe ich hiermit ganz entschieden Protest.

Des weiteren beanstandet Herr Giesel die Form, welche ich für meine Reklamation gewählt habe. Ich meinerseits bin mir bewußt, in meiner Reklamation alles Persönliche streng vermieden und mich ausdrücklich auf eine rein sachliche Darstellung des Tatbestandes beschränkt zu haben; wenn Herr Giesel in der bloßen sachlichen Darstellung dieses Tatbestandes etwas für ihn Verletzendes findet, so hat Herr Giesel dies allein sich selbst zuzuschreiben.

Ich glaube mit dieser Darlegung meinerseits die Sachlage zur Genüge geklärt zu haben.

Leipzig, Physikalisches Institut der Universität, 24. April 1906.

(Eingegangen 26. April 1906.)

1) Comptes Rendus **124**, 892, 1897.
2) Comptes Rendus **124**, 985, 1897.
3) Vgl. z. B. Annales de Chimie et de Physique (5) **24**, 255, 1881.

Über die Bestimmung der Sonnentemperatur

Von W. Wundt.

Eine genaue Definition des Begriffes „Sonnentemperatur" bietet gewisse Schwierigkeiten. Als effektive Sonnentemperatur bezeichnet man allgemein die Temperatur, welche ein absolut schwarzer Körper vom scheinbaren Durchmesser der Sonne haben muß, um denselben Strahlungseffekt hervorzubringen. Die Einführung des schwarzen Körpers als Hilfsbegriff ist notwendig, da die wahre Temperatur der Sonne von ihrem unbekannten Emissionsvermögen abhängt. Aber auch bei der Annahme, daß die Sonne nicht wie ein schwarzer Körper strahle, sind alle Lumineszenzvorgänge auszuschließen, da wir über ihre Mitwirkung bei der Strahlung nichts aussagen können. — Ein für die Sonne angenommenes Emissionsvermögen ist als mittleres Emissionsvermögen aufzufassen, schon aus dem Grunde, weil in den Sonnenflecken z. B. starke lokale Verschiedenheiten der Temperatur auftreten dürften. Außerdem bleibt die Frage offen, bis zu welcher Tiefe die Schicht an der Sonnenoberfläche reicht, deren Temperatur wir aus den Strahlungsmessungen bestimmen. Hierüber können nur Hypothesen aufgestellt werden. Die plausibelste Annahme scheint die zu sein, daß die Oberflächenschichten bis zu der Tiefe für die Strahlung maßgebend sind, bis zu welcher „Durchsichtigkeit" vorhanden ist, d. h. bis wohin Strahlen eindringen können, ohne vollständiger Absorption und Diffraktion zu unterliegen.

Die zuverlässigsten Bestimmungen der Sonnentemperatur erfolgen mit Hilfe der Strahlungsgesetze. Messungen der Sonnenstrahlung an der Erdoberfläche und daraus folgende Berechnungen der Solarkonstante sind von zahlreichen Beobachtern angestellt worden. Das meiste Vertrauen genießen noch heute die

Resultate Langleys[1]), welcher 1882 durch vergleichende Beobachtungen zwischen Berg und Tal (Mount Whitney 3546 m, Lone Pine 1146 m) und bei verschiedenen Zenithdistanzen die Sonnenstrahlung an der Grenze der Atmosphäre zu 3,068 g—cal. pro cm^2 und Minute bestimmte. Im übrigen gehen die Messungen weit auseinander. Langley selbst fand später aus Beobachtungen, die in der Nähe des Meeresspiegels angestellt wurden, nur 2,2 cal., während einzelne Messungen Hanskys auf dem Montblanc bis zu 3,9 cal. gehen. Dagegen ist der Angströmsche Wert von 4 cal. von diesem wieder aufgegeben worden. Auch das Problem der Berechnung durch Extrapolation ist keineswegs als gelöst anzusehen. — Neben der Gesamtstrahlung haben Langley und andere die spektrale Energieverteilung an der Grenze der Atmosphäre aus Bolometerkurven berechnet.

Bei Berechnung der Sonnentemperatur nehmen die meisten an, daß man, um die „wahre" Ausstrahlung der Photosphäre zu erhalten, die Solarkonstante wegen Energieverlustes in der Sonnenatmosphäre noch zu erhöhen habe.[2]) Dies scheint mir ganz unzulässig. Eine Schwächung der Strahlung kann meiner Ansicht nach durch diese nicht stattfinden, sondern höchstens eine spektrale Verschiebung. Denn über den Verbleib der in der Atmosphäre absorbierten bezw. reflektierten Energie vermag man nur in der Weise zu disponieren, daß sie wieder zur Sonnenoberfläche zurückgelangt und neu emittiert wird. Selbst wenn man die unwahrscheinliche Annahme machen wollte, daß die verlorene Energie in latente chemische Energie umgesetzt werde, so wird das Problem nur zeitlich verschoben, da eine Anhäufung in infinitum doch undenkbar ist.

Wohl aber wird infolge der oft wiederholten Emission, die man für das Zustandekommen des stationären Zustandes anzunehmen hat, eine Verschiebung von Energie nach dem roten Ende des Spektrums eintreten.[3]) — Es besteht ein fundamentaler Unterschied zwischen der Erdatmosphäre und der Sonnenatmosphäre in ihrem Einfluß auf die Strahlung. In der ersteren spielt diese die Rolle eines Strahlenkegels 32' Öffnung (Durchmesser der Sonnenscheibe); die reflektierte bezw. absorbierte Energie geht zum größten Teile seitwärts und gelangt als Himmelsstrahlung teilweise zur Erde, teilweise in den Weltraum zurück. In der Sonnenatmosphäre erfüllt die Strahlung den Raumwinkel 4π, wo eine seitliche Ablenkung der Energie nicht möglich ist. Ein außenstehender Beobachter erhält also gleichviel Energie zugestrahlt, ob eine Atmosphäre da ist oder nicht. — Ich lehne daher alle Berechnungen ab, welche die Sonnentemperatur wegen angeblichen Energieverlustes in der Sonnenatmosphäre erhöhen.

Ein weiterer Irrtum pflegt aus einer ungenauen Definition der Solarkonstante zu entspringen.[1]) Die Solarkonstante ist nicht, wie manche annehmen, die einem cm^2 an der Grenze der Atmosphäre zugeführte Wärmemenge minus Verlust durch Ausstrahlung gegen den Halbraum, sondern nur der erstere Betrag. Dies geht aus der Konstruktion der Instrumente zur Messung der Sonnenstrahlung, z. B. der des Violleschen Apparats, der nur Strahlen vom Gesichtswinkel der Sonne aufzufangen sucht, deutlich hervor. Man erhält also wie vorhin zu hohe Sonnentemperaturen, wenn auch die Differenz hier nur etwa 100^0 für $T = 6000^0$ beträgt.

Das allgemeine Strahlungsgesetz für schwarze Körper nach Wien, Planck und Paschen lautet:

$$(1) \qquad \frac{dJ}{d\lambda} = E = \frac{C}{\lambda^5\left(e^{\frac{c}{\lambda T}} - 1\right)}, \qquad (1)$$

wo J die Gesamtintensität, E die Intensität für die Wellenlänge λ, T die absolute Temperatur, C und c Konstanten bedeuten. Als Spezialfälle von (1) sind aufzufassen:

$$\int_{T_2}^{T_1} E d\lambda = J = k(T_1^4 - T_2^4) \qquad (2)$$

Stefansches Gesetz der Gesamtstrahlung;

$$\lambda_{max} T = \text{konst} \qquad (3)$$

Paschen-Wiensches Verschiebungsgesetz;

$$E_{max} T^{-5} = \text{konst} \qquad (4)$$

Verschiebungsgesetz nach Lummer und Pringsheim.

Jede neu gemessene Beziehung zwischen E und λ kann dazu dienen, die Temperatur T der Strahlungsquelle, speziell der Sonne, aus (1) bis (4) zu berechnen. Zur Aufstellung solcher Beziehungen benutzen wir das Langleysche außeratmosphärische Spektrum und die Werte der gemessenen Gesamtenergie (der Solarkonstante).

Die allgemeinste Methode ist, dem Spektrum für ein beliebiges λ das zugehörige E zu entnehmen und T dazu aus (1) zu berechnen. Nimmt man an, daß die Sonne wie ein schwarzer Körper strahle, so muß nach den über den Einfluß der Sonnenatmosphäre gemachten Bemerkungen das Langleysche Spektrum aus dem eines schwarzen Körpers von gleicher

1) Langley, Researches on Solar Heat, Washington 1884.

2) Scheiner, Strahlung und Temperatur der Sonne. Leipzig 1899, S. 48.

3) Also eine Art Fluoreszenzwirkung.

1) Vergl. Verh. d. Deutschen Physikal. Ges. Jahrgang 1, Nr. 2.

Gesamtenergie hervorgegangen sein. Ich habe die Fläche der Langleyschen Kurve durch mechanische Quadratur ermittelt und die flächengleiche eines schwarzen Körpers dazu berechnet. Die gegenseitigen Abweichungen der Intensitäten für ein bestimmtes λ müssen dann angeben, ob das E der Langleyschen Kurve einen zu hohen oder zu niedrigen Wert der Sonnentemperatur bedingt, gegenüber dem aus der Gesamtstrahlung zu berechnenden. Es zeigte sich, daß die E für die kurzen Wellenlängen bis $\lambda = 0{,}44\ \mu$ viel zu niedrige Sonnentemperaturen ergeben, die E für $\lambda = 0{,}44 - 0{,}66\ \mu$ dagegen bedeutend zu hohe. Darüber hinaus ist das Verhalten wegen der starken Absorptionsbanden unsicher. Es scheint also in der Tat nach dem Langleyschen Spektrum eine Absorptionswirkung in der Art einzutreten, daß das sichtbare Spektrum auf Kosten des violetten Endes verstärkt wird. Ersteres gibt zu hohe, letzteres zu niedrige Sonnentemperaturen.

Bei der Verwendung des Stefanschen Gesetzes zur Bestimmung der Sonnentemperatur wird zunächst die Solarkonstante in die Größe $\mathfrak{J}$ der Gleichung (2) umgerechnet. Dies geschieht durch Multiplikation derselben mit der Größe $\frac{R^2}{r^2}$, wo R den mittleren Radius der Erdbahn, r den Sonnenradius bedeutet. Außerdem wird T_2 (die Temperatur der Erde) gleich Null gesetzt, unter der Annahme, daß die Temperatur eines nicht bestrahlten Körpers im Weltraum der des absoluten Nullpunkts gleichzusetzen sei. Diese Anschauung wird von den meisten Forschern vertreten. Eine andere (Mendelejeff, A. Schmidt) setzt diese Temperatur höher, etwa zu 180^0 absolut an. Wir können aber auf jeden Fall $T_2^{\,4}$ gegen $T_1^{\,4}$ vernachlässigen, da die vierte Potenz der ersten Zahl sehr klein gegen die der zweiten ist. — Unter diesen Voraussetzungen berechnet sich die effektive Sonnentemperatur mit dem Langleyschen Wert der Solarkonstante zu $T = 6560^0$ absolut. Es ist von Interesse zu sehen, welche Werte für T andere Annahmen der Solarkonstante ergeben:

Solarkonstante	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6
Effekt. Sonnentemperatur	5900	6040	6170	6295	6410	6520	6630	6730	6825

Die Differenzen der T sind klein gegenüber denen der Solarkonstanten, da schon eine geringe Temperatursteigerung dem Stefanschen Gesetz zufolge einen bedeutenden Zuwachs der Strahlung zur Folge hat.

Die dritte Bestimmung der Sonnentemperatur mittels des Verschiebungsgesetzes rührt von Paschen[1]) her, und zeichnet sich durch ihre große Einfachheit aus. Entnimmt man dem Langleyschen Spektrum $\lambda_{max} = 0{,}5\ \mu$ und setzt die Konstante gleich 2890, so bestimmt sich die effektive Sonnentemperatur zu $\frac{2890}{0{,}5} = 5780^0$ absolut.[1]) Betrachtet man aber dieses Spektrum als durch die Wirkung der Sonnenatmosphäre aus dem eines schwarzen Körpers gleicher Energie entstanden, so muß man die Wellenlänge des Energiemaximums der Kurve des schwarzen Körpers gleicher Energie entnehmen. Diese liegt hier bei einer kürzeren Wellenlänge, nämlich bei $\lambda = 0{,}44\ \mu$; es ergibt sich dann wie oben bei der Gesamtstrahlung $T = 6560^0$. — Ein Vorzug des Verschiebungsgesetzes ist, daß es nach Änderung der Konstanten auch für nichtschwarze Körper gilt, während die Form des Stefanschen Gesetzes für diese sehr unsicher ist. Nimmt man die Konstante des schlechtesten Strahlers, Platin, zu 2630, so ergäbe sich als eine Art Minimalwert der wahren Sonnentemperatur $T = 5260^0$ absolut. — Wir können umgekehrt untersuchen, welchen Werten der Gesamtstrahlung die Werte $T = 5780^0$ bzw. 5260^0 entsprechen. Wir finden nach dem Stefanschen Gesetz 1,85 bezw. 1,27 Kalorien für die Solarkonstante. Solche Beträge liegen entschieden zu tief; denn 2,02 Kalorien sind von Hansky auf dem Montblanc schon direkt gemessen worden. — Harkanyi hat die Temperaturbestimmung mittels des Verschiebungsgesetzes auf einige Fixsterne angewandt und findet für Sirius 6400^0, Wega 6400^0, Arktur 2400^0, Aldebaran 2850^0 usf. Diese Werte sind wohl um 15—20 Proz. zu erhöhen.

Die Bestimmung der Sonnentemperatur aus dem Energiemaximum selbst ergibt, wie schon oben angedeutet, einen zu hohen Wert, nämlich $T = 7210^0$. Daß Ekholm[2]) aus dem Energiemaximum einen zu niedrigen Wert findet, liegt an folgenden zwei Voraussetzungen: er benützt nicht das definitive außeratmosphärische Spektrum Langleys, sondern das frühere, nur aus hohen und tiefen Sonnenständen berechnete; außerdem wendet er nicht (4) direkt an, sondern bildet aus (4) und (2) ein Gesetz (5):

$$T = 4389 \frac{E_{max}}{\mathfrak{J}},$$

und benützt dadurch wieder die Gesamtenergie. — Wendet man (4) auf das frühere außeratmosphärische Spektrum an, so ergibt sich $T = 6260^0$ absolut.

Was läßt sich über das Verhältnis der effektiven zur wahren Sonnentemperatur sagen? Die von einem schwarzen Körper emittierte Energie

1) Paschen, Göttinger Nachr. 1895, S. 294.

1) In Abbots außeratmosphärischem Spektrum liegt das Energiemaximum bei $\lambda = 0{,}49\ \mu$ (Monthly Weath. Rev. 31, 587).

2) Ekholm, Meteor. Zeitschr. 19, 1ff. (1902).

ist immer größer bei derselben Temperatur als die von einem nichtschwarzen Körper ausgesandte. Da Werte der Solarkonstante unter 2,1 cal. ausgeschlossen, solche über 3,6 cal. ganz unwahrscheinlich sind, so stellen die Werte von 6000° bis 6800° absolut (nach der kleinen Tabelle) Minimalwerte der wahren Sonnentemperatur dar. Andererseits ergeben die Versuche, daß sich die Emission der nichtschwarzen Körper der der schwarzen Körper mit steigender Temperatur immer mehr nähert. Die Sonne wird somit einen Körper darstellen, dessen Emissionsvermögen von 1 nicht sehr weit entfernt ist und wir können mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen: Die wahre Sonnentemperatur liegt bei Ausschluß von Lumineszenz zwischen 6000° und 7000° absolut.

Ein Teil dieser Unsicherheit ist, abgesehen von der Diskrepanz der Ansichten über die Größe der Solarkonstante, jedenfalls tatsächlichen Variationen der Sonnentemperatur zuzuschreiben. Der Einfluß der Sonnenfleckenperioden auf die Strahlung ist durch zahlreiche Untersuchungen qualitativ als erwiesen anzusehen, doch ist es schwer, über den zahlenmäßigen Betrag der Schwankungen einen Anhalt zu gewinnen. Mit diesem beschäftigt sich eine neuere Arbeit Langleys.[1]) Darnach betrug die Solarkonstante im Oktober 1902 und Februar 1903 ungefähr 2,2 cal., darauf folgten (infolge von Trübung der Luft durch Vulkanstaub) sehr niedrige Werte (bis zu 1,94 cal.); aber auch nachdem die frühere Durchlässigkeit wieder erreicht worden war, wurden August bis Dezember 1903 nur etwa 2 cal. gemessen. Erst am 11. Februar 1904 wurde wieder der alte Wert von 2,2 cal. erreicht. Langley sucht den Einfluß dieser Strahlungsschwankungen auf die Lufttemperatur nachzuweisen und findet in der Tat für eine größere Anzahl Stationen der nördlichen Halbkugel einen Temperaturverlauf, der dem der Sonnenstrahlung parallel geht. Eine zeitweise Änderung der Strahlung um etwa 10 Proz. ist dadurch wahrscheinlich gemacht. Dies würde einer Änderung der Sonnentemperatur um ungefähr 120° entsprechen.

1) Langley, Astrophys. Journ. 19, Juni 1904.

(Eingegangen 1. April 1906.)

Über die Schmidtsche Theorie der Entstehung des scharfen Sonnenrandes.

Von W. Wundt.

Nach der Kontroverse zwischen den Herren A. Schmidt-Stuttgart und Seeliger-München über die Erklärung der Helligkeitsabnahme der Sonnenscheibe gegen den Rand[1]) erscheint es angezeigt, die Schmidtsche Theorie von der Entstehung des scharfen Sonnenrandes in etwas veränderter Fassung hier darzustellen. Auf die erwähnte Diskussion hat jedoch diese Mitteilung direkt keinen Bezug.

Die Sonne erscheint dem Auge als eine Scheibe von etwa 32′ Durchmesser. Es fragt sich, ob dieser scharf begrenzten Fläche in Wirklichkeit eine Unstetigkeit in der Dichte entsprechen muß. Bei einer Temperatur von 6000—7000° (vgl. meine Mitteilung: „Über die Bestimmung der Sonnentemperatur," S. 384) kann bei irdischen Verhältnissen kein fester oder flüssiger Körper mehr existieren; auch gewaltige Drucksteigerungen, welche die Stoffe in flüssigem Zustande erhalten könnten, scheinen nach den Untersuchungen Jewells, die weiter unten erörtert werden sollen, für die Oberfläche der Sonne ausgeschlossen. Es ist also mit einiger Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß die Sonnenoberfläche eine Art glühender Gasmasse darstellt. Die Schwierigkeit, eine Gasmasse mit sprunghaft sich ändernder Dichte sich vorzustellen, bewog A. Schmidt zur Aufstellung seiner Theorie.[2]) Er nahm an, daß die Sonne ein Gasball mit gleichmäßiger Abnahme der Dichte, Leuchtkraft und des Brechungsindex sei; sie müßte also ohne die von Schmidt untersuchten Refraktionserscheinungen etwa wie eine Lichtquelle hinter einer Mattscheibe sich ausnehmen.

Kummer[3]) hatte 1860 bewiesen, daß bei Himmelskörpern, deren Atmosphären genügende Massen besitzen, die Strahlen von einem gewissen Emanationswinkel ab in einer Art Totalreflexion zum Körper zurückgeworfen werden. Solchen wird nämlich von der Atmosphäre eine stärkere Krümmung erteilt, als die der Oberfläche des Himmelskörpers beträgt. Die äußerste Schicht, in der ein solches Umbiegen der Strahlen stattfindet, wird von Schmidt „kritische Schicht" genannt. Kummer hat berechnet, wie groß die Höhe der homogenen Atmosphäre in Funktion der homogenen Erdatmosphäre, der Radien und der Beschleunigungen, sowie der Brechungsexponenten von Erde bezw. Himmelskörper sein muß, damit die erwähnte Erscheinung zustande kommt. Er findet dabei für den Jupiter, daß dessen Atmosphäre nur etwa den zwanzigsten Teil der Höhe der Erdatmosphäre zu besitzen braucht, um jenes Phänomen zu erzeugen. Einem Beobachter an der Jupiteroberfläche wird es also scheinen, als ob er sich in einer konkaven

1) A. Schmidt, diese Zeitschrift 4, 282, 341, 453, 476, 1903; 5, 67, 528, 1904; Seeliger, ib. 4, 343, 1903; 5, 237, 1904.

2) A. Schmidt, Die Strahlenbrechung auf der Sonne. Stuttgart 1891.

3) Kummer, Sitz.-Ber. Berl. Akad. 1860.

Schale befände, deren Rand um den Grenzwinkel der total reflektierten Strahlen sich über die Horizontale erhebt.

Schmidt hat bewiesen, daß auch in einem Gasball mit gleichmäßig abnehmender Dichte auf diese Weise eine optische Unstetigkeit entstehen kann. Wir denken uns in einem solchen Gasball auf einer das Zentrum enthaltenden Linie, von diesem aus gerechnet, drei Punkte I, II, III. Von I gelangen alle Strahlen, welche innerhalb eines gewissen Raumwinkels austreten, der $> 2\pi$ ist, infolge Totalreflexion gegen das Zentrum zurück. Unter ihnen existieren zwei Grenzstrahlen, welche gerade so stark gekrümmt werden, daß sie nicht mehr nach innen gelangen; diesen entspricht die kritische Schicht. Die übrigen Strahlen verlaufen unter der gewöhnlichen Refraktion auswärts. — Punkt II ist so gewählt, daß von ihm ausgehende Horizontalstrahlen in Kreisen um das Zentrum herumgewunden werden; er liegt somit auf der kritischen Schicht und der Winkel der total reflektierten Strahlen ist gerade 2π. — Endlich gelangen von Punkt III Strahlen aus einem Raumwinkel, welcher $< 2\pi$ ist, zum Zentrum zurück; die übrigen können direkt das Auge eines außen befindlichen Beobachters erreichen.

Was geschieht mit den einwärts laufenden Strahlen? Um zu einem stationären Zustand zu gelangen, müssen wir annehmen, daß sie wieder absorbiert und neu emittiert werden, bis der vollständige Betrag durch die Winkelräume der nichtreflektierten Strahlen nach außen gelangt ist. Dabei entsteht aber als Hüllfläche aller Strahlen, die den Grenzwinkeln zwischen dem Zentrum und Punkt II entsprechen, die kritische Schicht, und auf ähnliche Weise kann jede Schicht zwischen dem Zentrum und II durch total reflektierte Strahlen entstanden gedacht werden. Dagegen existieren außerhalb von II solche Hüllflächen umbiegender Strahlen nicht mehr. Es entsteht also in Punkt II eine optische Unstetigkeit und die kritische Schicht stellt die Oberfläche des Himmelskörpers dar.

Diese Darstellung ist etwas verschieden von der des Herrn Schmidt. Dieser nimmt an, daß unter dem sichtbaren (scheinbaren) Sonnenrand in unbestimmbarer Tiefe ein Sonnenkern liege, da mit Annäherung an die Sonnenmitte die Materie eine solche Konzentration erreiche, daß eine Steigerung des Drucks keine weitere Zunahme der Dichte und des Brechungsexponenten zur Folge habe. Als Begrenzung dieses Kerns nimmt er eine strahlende Schicht von gewisser Tiefe, die wahre Photosphäre, an, deren Grenzstrahlen den scheinbaren Sonnenrand umhüllen. Infolgedessen wird die Zone vom Sonnenrand bis zur strahlenden Schicht noch zur Sonnenatmosphäre gerechnet; der Oberfläche selbst wird keine emittierende Kraft zugeschrieben und die Quelle der Strahlung ins Innere des sichtbaren Sonnenkörpers verlegt. — Diese Annahmen scheinen mir alle zwar an und für sich möglich, die des Sonnenkerns sogar notwendig, aber für den vorliegenden Zweck unnötig zu sein. Die Voraussetzung eines Gasballs mit einer Leuchtkraft und Dichte, die vom Zentrum bis ins Unendliche stetig abnimmt, genügt, die Entstehung des scharfen Sonnenrandes zu erklären. Das Hauptbedenken, das die Gegner der Schmidtschen Theorie erhoben, war eben, daß die Strahlungsquelle ins Innere des Sonnenkörpers verlegt wird. Man ist dadurch genötigt, die Sonnentemperatur wegen der Reduktion auf einen kleineren Radius entsprechend zu erhöhen. Die Protuberanzen werden z. T. als Zerrbilder von Vorgängen tief im Innern der Sonne erklärt; dadurch, meint Arrhenius, sei ihre Deutung erschwert, weil solch gewaltige Massenbewegungen dort schwieriger zu denken seien, als an der Sonnenoberfläche.[1]) — Diese Einwände sind mit der veränderten Auffassung der Schmidtschen Theorie behoben, denn die allgemeine Annahme, daß die Sonnenoberfläche selbst emittiere, erscheint gerade als Folge der Schmidtschen Überlegungen.[2]) Diese besagen nichts weiter, als daß ein Gasball mit gleichmäßig abnehmender Helligkeit unmöglich ist, wenn die Konzentration der Materie und der Brechungsexponent so groß geworden sind, daß senkrecht zum Radius verlaufende Strahlen zum Zentrum zurückgeworfen werden. Für die Kosmogonie, die „Zusammenballung" der Himmelskörper aus kosmischen Nebelflecken, gibt dies eine interessante Perspektive.

Folgende Bemerkung ist noch zu diesen Strahlenbrechungen zu machen. Wir haben überall die Krümmung der Lichtstrahlen betrachtet, ohne auf ihre Intensität Rücksicht zu nehmen. Wegen des stetigen Übergangs von den einwärts- zu den auswärtslaufenden Strahlen scheint es möglich, daß die umbiegenden Strahlen bis zu ihrem Umkehrpunkt ihre ganze Energie durch Reflexion einbüßen, so daß sie von da ab gar nicht mehr existieren. Dann wäre einerseits die Schwierigkeit beseitigt, die Strahlen wieder ins dichtere Medium zurücklaufen zu lassen, andererseits wäre es noch leichter, die Entstehung des Sonnenrandes als optische Unstetigkeit einzusehen, da die Hori-

1) Vergl. hierüber die neueste Abhandlung des Herrn Schmidt: „Die Erweiterungen des Dopplerschen Prinzips" in dies. Zeitschr. **7**, 323, 1906.

2) Über den Begriff der „strahlenden Oberfläche" vergl. meine Mitteilung „Über die Bestimmung der Sonnentemperatur" **7**, 384, 1906.

zontalstrahlen in der kritischen Schicht die einzigen sind, welche ihren Weg bei konstantem Brechungsindex, ohne Energieverlust, zurücklegen. Die Erscheinung der Fata Morgana würde dagegen nichts beweisen, da es sich hierbei um Unstetigkeiten in den unteren Luftschichten handelt. — Eine Entscheidung der Frage ist nur möglich nach Lösung des Problems der Energiereflexion in inhomogenen Medien. Mir scheint die Annahme einer endlichen Reflexion in solchen Medien trotz der gegenteiligen Behauptung Herrn Seeligers[1]) notwendig aus folgenden Gründen: Man zerlege das Medium in eine große Anzahl Schichten, deren Brechungsexponenten n um dn voneinander abweichen. An jeder Grenzfläche wird von der Energie E ein Betrag dE reflektiert; von dE gelangt infolge der wiederholten Reflexion allerdings nur ein Teil dE' zur strahlenden Fläche zurück; jedenfalls ist aber dE' von derselben Ordnung wie dE, nicht von höherer Ordnung. Bei stetigem Grenzübergang wird also die Integration einen endlichen Betrag für die Reflexion ergeben. — Andererseits sehe ich die allgemeine Schwächung der Sonnenstrahlung in der Erd- und Sonnenatmosphäre, welche neben der selektiven Absorption einhergeht, als eine kombinierte Wirkung der Reflexion im inhomogenen Medium und einer Diffraktion der Strahlung in den hochverdünnten oberen Schichten der Atmosphären an. Ich werde dies a. a. O. genauer auseinandersetzen.

Wenn die Schmidtsche Auffassung der Entstehung des Sonnenrandes richtig ist, so kann man erwarten, daß die Masse der Sonnenatmosphäre sehr gering ist. Denn bei einer stärkeren Masse müßte sofort wieder Totalreflexion eintreten, wie für den Jupiter gezeigt wurde. Verschiedene Umstände lassen in der Tat auf eine sehr geringe Masse schließen. Zunächst erscheint der Sonnendurchmesser, in allen Farben gesehen, gleichgroß. Dies kann nach dem Vorhergehenden nur so erklärt werden, daß die Masse der Atmosphäre so klein ist, daß die Verschiedenheit der Sonnendurchmesser unter die Beobachtungsgrenze herabgedrückt wird. — Derselbe Schluß ergibt sich aus der relativ großen Durchlässigkeit der Sonnenatmosphäre für die Strahlung gegenüber der der Erdatmosphäre. Würde man an Stelle der ersteren eine solche von der Dicke der letzteren setzen, so würde sich die Helligkeit des Sonnenrandes nur wenig erhöhen. Die Atmosphärenmassen stehen daher auch nicht im annähernden Verhältnis der Massen der Himmelskörper selbst (Sonne : Erde $= 324439 : 1$). — Endlich folgt dies aus einer Berechnung von Jewell[1]), welcher aus der Verschiebung der Spektrallinien auf den mittleren Druck in der sog. „umkehrenden Schicht" zu schließen sucht. Diese wird ohne Begründung meist an die obere Grenze der Photosphäre verlegt. Meiner Ansicht nach ist die ganze Sonnenatmosphäre an der Umkehrung beteiligt und zwar werden sich die Schlüsse, die man aus der Verschiebung der Spektrallinien zieht, auf einen Punkt beziehen, der etwa in der Nähe des Schwerpunktes der von dem Strahl durchlaufenen Atmosphärenmassen liegt. Als Ursachen für die Verschiebung der Linien kommen in Betracht in erster Linie das Dopplersche Prinzip, das zur spektroskopischen Bestimmung der Rotationsdauer der Sonne dient; in zweiter Linie veränderte Druckverhältnisse, während erhöhte Temperatur nach den Untersuchungen von Humphreys und Mohler keine Verschiebung zu bewirken scheint. Das Dopplersche Prinzip wird dadurch ausgeschaltet, daß die verschiedenen Linien verschiedene Verschiebung aufweisen. Auch die Dichte oder der Partialdruck scheint keine Wirkung für sich auszuüben. — Jewell bestimmte auf diese Weise den Druck in der umkehrenden Schicht zu 2—7 Atmosphären; z. B. für Aluminium 2 Atm. (Atomgew. 27); für Kupfer 7 Atm. (Atomgew. 63). — Man kann hieraus die Höhe h der darüber lagernden homogenen Sonnenatmosphäre berechnen. Die Höhe h_0 der homogenen Erdatmosphäre bei 0^0 beträgt etwa 8 km. Die Beschleunigungen an der Erd- und Sonnenoberfläche verhalten sich wie $g_0 : g = 1 : 27,4$. Die Höhen der homogenen Atmosphären verhalten sich wie $h_0 : h = g : pg_0$, wo p die obigen Drucke bedeutet. Hieraus ergibt sich z. B. für $p = 5$ Atmosphären $h = 1,46$ km. Obwohl dieser Wert wegen der höheren Temperatur sich bedeutend vergrößert und andererseits nicht die ganze Atmosphäre mitgemessen wird, so folgt doch hieraus, daß die Masse und Höhe der wirksamen Sonnenatmosphäre im Vergleich zum Sonnenkörper verschwindend klein sein muß.

Die vorstehenden Tatsachen stützen die Schmidtsche Theorie von der Entstehung des Sonnenrandes. Es wird demnach auch keine bedeutende Vergrößerung des Sonnenradius durch gewöhnliche Refraktion stattfinden. Die Masse der Sonnenatmosphäre ist so gering, daß die scheinbare Hebung der Sonnenoberfläche oder „Sphärenvergrößerung" (nach Schmidt) unterhalb der Beobachtungsgrenze bleiben wird. Es ist daher ohne merklichen Fehler erlaubt, die wahre Sonnenoberfläche mit der scheinbaren zu vertauschen und die Sonnentemperatur auf den sichtbaren Sonnenradius zu beziehen.

1) Seeliger, diese Zeitschr. **5**, 237, 1904. Auch Herr Schmidt scheint ib. **5**, 528, 1904 dieser Ansicht beizutreten.

1) Jewell, Astrophys. Journ. **3**, 89, 1896.

Die vorliegende Mitteilung bezweckt, darzulegen, daß die Schmidtsche Theorie von der Entstehung des Sonnenrandes in etwas veränderter Fassung der allgemeinen Anschauung nirgends widerspricht, daß sie dagegen die Möglichkeit gibt, die unwahrscheinliche Annahme eines Dichtigkeitssprungs an der Sonnenoberfläche durch eine optische Unstetigkeit zu ersetzen.

(Eingegangen 1. April 1906.)

Über die Struktur der optisch aktiven monoklin-hemiëdrischen Kristalle.

(Erwiderung an Herrn W. Voigt.)

Von Ernst Sommerfeldt.

In dieser Zeitschrift 7, 267—269, 1906, teilt W. Voigt zwei Erklärungsmöglichkeiten für meine Beobachtungen an Kristallen einer monoklin-hemiëdrischen Substanz (Polymerisationsprodukt des Mesityloxydoxalsäuremethylesters; vergl. diese Zeitschrift 7, 207—208, 1906) mit; die eine Möglichkeit ergibt sich daraus, daß W. Voigt das von mir behauptete Nichtvorhandensein von Zwillingsbildungen nicht für erwiesen hält, die andere Möglichkeit besteht in der Annahme von optischem Drehungsvermögen bei dieser Substanz.

Den ersten Erklärungsversuch glaube ich durch eine Reihe von kristallographischen Beobachtungen widerlegen zu können, die wegen ihrer geringen physikalischen Bedeutung nur in der bereits bei meiner ersten Notiz (l. c.) angekündigten ausführlichen Beschreibung im neuen Jahrbuch für Mineralogie mitgeteilt werden sollen; aus den dortigen Photographien der Interferenzbilder wird sich besonders erkennen lassen, daß die Gestalt der Isochromaten sich in vollkommen gesetzmäßiger Weise bei einer Drehung des Präparats innerhalb seiner Ebene ändert; mir scheint dieser Umstand sehr zugunsten der zweiten und zuungunsten der ersten Erklärungsweise zu sprechen.

Die zweite von Voigt erörterte Möglichkeit deckt sich mit dem in meiner zweiten Mitteilung (diese Zeitschrift 7, 266, 1906) gemachten Erklärungsversuch, welchen aber W. Voigt damals noch nicht kennen konnte; auch hat Voigt spezieller als ich die mathematischen Bedingungen, welche für das Verschwinden des Achsenbalkens erfüllt werden müssen, angegeben. Da höchstwahrscheinlich diese zweite Erklärungsweise die zutreffende ist, erscheint mir die Frage von Wichtigkeit: Wie kann man vom Standpunkt der Strukturtheorie es erklären, daß Kristalle, bei welchen enantiomorphe Polyederformen unmöglich sind, dennoch die Ebene des polarisierten Lichtes zu drehen vermögen? Hierfür ist eine Erklärung bisher noch in keiner Weise geliefert, und aus diesem Grunde — also wegen der strukturtheoretisch schwierigen Vorstellbarkeit und aus der Tatsache, daß vor meinem jetzigen kein Beispiel dieser Aktivität beobachtet war — ist wohl bisher von den Kristallographen (z. B. Groth, Liebisch u. a.) die Möglichkeit dieser Art von optischer Aktivität überhaupt nicht erwähnt worden. Es handelt sich für mich darum, diese Schwierigkeiten zunächst näher auseinander zu setzen, da W. Voigt (l. c.) die Strukturfragen überhaupt nicht berücksichtigt, sondern vom Standpunkt seiner Beziehungen zwischen Vektoren, Tensoren etc. freilich nur „eine bedenkliche und falsche Übertragung der bei hochsymmetrischen Kristallsystemen richtigen Regeln auf niedriger symmetrische“ in der Nichterwähnung dieser jetzt für möglich erkannten Aktivität zu erblicken vermochte. Diejenigen Naturforscher hingegen, welche überhaupt das Bedürfnis empfanden, durch atomistische Betrachtungen die Eigenschaften der festen Körper dem Verständnis näher zu bringen, haben von Pasteurs einschlägigen Entdeckungen ab vielleicht auf keinem Gebiet der Strukturtheorie schönere Resultate erlangt, als auf demjenigen der Erklärung des optischen Drehungsvermögens.

Zunächst soll gezeigt werden, daß vom Standpunkt der Bravaisschen Strukturtheorie ein mit Symmetrieebenen verbundenes Drehungsvermögen undenkbar erscheint; denn aus den Bravaisschen Gruppierungsmöglichkeiten der Bausteine ist schon das gewöhnliche Drehungsvermögen nicht erklärbar; wollte man aber annehmen, daß jeder einzelne Baustein in bezug auf eine Wellenbewegung, deren Wellenlänge klein ist im Vergleich zur Bausteingröße, die gleiche Symmetrie besitzt wie ein aktiver monoklin-hemiëdrischer Kristall hinsichtlich seiner optischen Eigenschaften, so ergibt sich folgender Widerspruch: Da jeder Baustein einzelne Teile von entgegengesetztem Drehungsbestreben enthalten soll, so müssen in jeder aus einem solchen Kristall herausgeschnittenen Platte gleich viele rechtsdrehende und linksdrehende Partikelhälften in ungeheurer Anzahl aneinander grenzen und ihren Effekt wechselseitig aufheben; durchschnittlich müßte also die Drehung den Betrag Null erreichen.

Anders verhält es sich aber mit den Gründen, welche die Theorie Sohnckes und die durch Barlow, Schönfließ und Fedorow, sowie auch in anderem Sinne durch Groth erweiterte Sohnckesche Theorie für das Drehungsvermögen kennt; wir wollen die drei ersten von den vier letztgenannten Forschern als Nachfolger Sohnckes gemeinsam bezeichnen, da

ihre strukturtheoretischen Vorstellungen in den Grundzügen übereinstimmen.

Diese kristallographischen Strukturtheorien kennen zwei Möglichkeiten zur Erklärung des optischen Drehungsvermögens: 1. Den Enantiomorphismus der Bausteine selbst; 2. die enantiomorphe Gruppierung solcher Bausteine, denen nicht notwendigerweise einfache und zusammengesetzte Spiegelungen zu fehlen brauchen. Z. B. kann das Drehungsvermögen des Quarzes dadurch erklärt werden, daß zentrisch-symmetrische Bausteine nach einem enantiomorphen Punktsystem, dessen Symmetrie mit derjenigen des gleichseitigen Dreiecks übereinstimmt, angeordnet sind. Im monoklinen System jedoch existieren überhaupt keine enantiomorphen Punktsysteme unter den Sohnckeschen Fällen, es lassen sich also die monoklinen optisch aktiven Körper ihrer Struktur nach zwar nicht durch ein einzelnes Sohnckesches Punktsystem veranschaulichen, wohl aber durch den Inbegriff mehrerer ineinander gestellter. Man verfährt nämlich zur Erklärung des optischen Drehungsvermögens z. B. bei den monoklinen Weinsäurekristallen im Anschluß an eine besonders von P. Groth ausgearbeitete Vorstellung folgendermaßen: Innerhalb eines jeden Fundamentalbereichs eines monoklinen Sohnckeschen Punktsystems denke man sich vier *C*-Atome, 6 *H*-Atome, 6 *O*-Atome in solche gegenseitige Lage gebracht, wie diese Atome sich zu einem Weinsäuremolekül zusammenordnen können; zu dem Inbegriff der so ineinandergestellten Punktsysteme existiert ein enantiomorphes Gebilde, da ja die stereochemische Formel der Weinsäure ein asymmetrisches Kohlenstoffatom enthält.

In den Fällen, daß ein asymmetrisches Kohlenstoffatom vorliegt, erscheint also das Drehungsvermögen als notwendig, aber in denjenigen anderen Fällen, in denen zwar kein asymmetrisches Kohlenstoffatom, aber Enantiomorphismus der makroskopischen Kristallformen existiert, erscheint das Drehungsvermögen als möglich vom strukturtheoretischen Standpunkt; z. B. bei den optische Aktivität besitzenden Kristallen des Bittersalzes und Natriumammoniumphosphat, besteht zwar kein Grund, Atome mit stereochemischer Asymmetrie anzunehmen, aber man kann genau ebenso wie im vorigen Fall z. B. die Punktsysteme, welche die *Mg*, *S* und die vier *O*-Atome bilden, einzeln so ineinandergestellt annehmen, daß in dem Inbegriff dieser Punktsysteme die inversen Symmetrieoperationen, welche jedem einzelnen in gleicher Weise zukommen, nicht mehr vorhanden sind. Während also in diesen Fällen wegen des Auftretens makroskopisch enantiomorpher Formen auch ein Enantiomorphismus innerhalb der einzelnen Fundamentalbereiche der Struktur herrschen kann, scheint in der monoklinen Hemiëdrie, in welcher ja die Formen nicht enantiomorph sind, auch kein Grund für die Annahme enantiomorpher Bausteine und zunächst auch keine Möglichkeit für eine enantiomorphe Gruppierung derselben vorzuliegen. Unser Polymerisationsprodukt enthält auch kein asymmetrisches Kohlenstoffatom, aus stereochemischen Betrachtungen folgt also nicht, daß man bei dem zur Weinsäure analogen Aufbau der Struktur aus den Punktsystemen der Atome diese in enantiomorpher Weise ineinander stellen müsse, oder anders ausgedrückt: Dem Inbegriff der Atome, welche innerhalb eines Fundamentalbereichs der Struktur sich befinden, müssen zwar bei den ein asymmetrisches Kohlenstoffatom enthaltenden Verbindungen, nicht aber bei unserem Körper inverse Symmetrieelemente abgesprochen werden.

In der Tat ist durch die von Sohncke selbst näher beschriebenen Strukturtypen das Drehungsvermögen einer monoklin-hemiëdrischen Substanz in keiner Weise erklärbar, jedoch soll jetzt gezeigt werden, daß unter den von den Nachfolgern Sohnckes beschriebenen Fällen sich zwei die gesuchte Erklärung liefernde befinden.

Bekanntlich lassen die Drehungsachsen eines Kristallpolyeders durch Schraubungsachsen von gleicher Zähligkeit N, welche der zugehörigen Struktur beigelegt werden, sich erklären, und zwar erhält man die Schiebungskomponente der betreffenden charakteristischen Schraubung, wenn man die zur Schraubungsachse parallele Deckschiebung der Struktur durch eine als Faktor in N enthaltene ganze Zahl dividiert; die Nachfolger Sohnckes erkannten nun, daß in analoger Weise die Spiegelungsebenen eines Kristallpolyeders erklärt werden können und zwar ist eine Spiegelung als zweizählige Symmetrieoperation zu betrachten, so daß die einzig mögliche Zerlegung von N in ganze Zahlen $N = 1 \cdot 2$ lautet. Es kann also als charakteristische Symmetrieoperation der monoklin-hemiëdrischen Punktsysteme entweder die reine Spiegelung gewählt werden, oder ihre Aufeinanderfolge mit einer längs der Spiegelungsebene erfolgenden Gleitung, deren Betrag der halben ihr parallelen Deckschiebung gleichkommt. Die Schiebungsrichtungen aber können zweierlei Typus besitzen, nämlich entweder denjenigen eines Aufbaus nach klinorhombischen Prismen oder aber nach geraden rhomboidischen Prismen. Demnach ergeben sich zwei durch reine Spiegelungsebenen gekennzeichnete Fälle (von Schönfließ durch C_s^1 und C_s^3 bezeichnet), sowie zwei durch Gleitsymmetrie charakterisierte (von Schönfließ durch C_s^2 und C_s^4 bezeichnet). Andere Strukturtypen zur Erklärung der monoklinen Hemiëdrie existieren nicht. Es läßt sich nun zeigen, daß

in denjenigen Fällen, welche Gleitsymmetrie besitzen, das optische Drehungsvermögen auch dann, wenn den Bausteinen nicht die inversen Symmetrieoperationen aberkannt werden, erklärbar scheint.

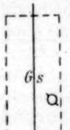


Fig. 1a.

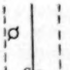


Fig. 1b.

In Fig. a und b sind die Bausteine der Struktur durch Kreise dargestellt, und mit kleinen Fortsätzen versehen, durch welche dem Symmetriezentrum der Bausteine genügt wird, aber zugleich angedeutet ist, daß nicht etwa die allseitige Symmetrie der Kugel den Bausteinen innewohnen soll; ferner sind in diesen Figuren Gleitsymmetrieebenen G_s und die Grenzen der Fundamentalbereiche, d. h. die Spielräume, welche den Bausteinen einzeln zugeordnet werden können, markiert.[1]) Es ist nun unmittelbar ersichtlich, daß beide Figuren in dem gleichen enantiomorphen Gegensatz wie die Diagramme zweier korrelater Sohnckescher Schraubungssysteme (vgl. die Tafeln in Sohnckes Buch über Kristallstruktur) stehen.[2])

Es besteht also unsere Auffassung in einer Erweiterung der Hypothese Sohnckes; während dieser für die Erklärung des optischen Drehungsvermögens nur die aus Drehungen und Schiebungen gemischte Symmetrie heranzog, läßt sich auch die aus Spiegelung und Schiebung gemischte Symmetrie (d. h. eine aus der Aufeinanderfolge dieser Operation bestehende Symmetrie) zur Erklärung des Drehungsvermögens verwerten, wodurch eben diejenigen Fälle, in welchen rechts- und linksdrehende Schnitte aus demselben Kristallindividuum erzielt werden können, strukturtheoretisch erklärbar erscheinen. Ein interessantes Kriterium für die Richtigkeit dieser Hypothese würde darin bestehen, daß an der gleichen chemischen Substanz zweierlei Arten von Kristallindividuen auffindbar sein können, die ihrer äußeren Form nach vollkommen übereinstimmen, aber sich optisch folgendermaßen unterscheiden: Diejenigen optischen Achsen, welchen entgegengesetzt gleiche zirkulare Doppelbrechung zukommt, müssen in parallele Stellung gelangen, sobald man einen Kristall der ersten und zweiten Art einander parallel stellt, während auf keinerlei Weise sowohl die gleichsinnig doppelbrechenden Achsen als auch die homologen Kristallflächen einander parallel gestellt werden können. Leider ist das mir zur Verfügung stehende Material zu unvollkommen, um den Nachweis des Vorhandenseins oder Fehlens dieser merkwürdigen Antipoden empirisch führen zu können.

Die einen solchen Strukturaufbau besitzenden monoklin-hemiëdrischen Kristallformen schließen sich den enantiomorphen enge an; dagegen besitzt die Methode Voigts, die Ähnlichkeit beider Kristallgruppen nachzuweisen, nur einen sehr engen Gültigkeitsbereich; die Vorstellung Voigts kommt nämlich darauf hinaus, durch Drehungen um die Mittellinie der optischen Achsen eines optisch aktiven monoklin-hemiëdrischen Kristalles eine zur Ausgangsstellung spiegelbildliche Position zu erzielen (die Ebene der optischen Achsen sei hierbei senkrecht zur Symmetrieebene gedacht). Hiergegen läßt sich aber einwenden, daß die Richtung dieser Mittellinie sowohl von der Farbe des angewandten Lichtes als auch von der Temperatur stetig abhängt, eine Veränderlichkeit, die mit der Orientierung von eigentlichen Symmetrieelementen nicht verträglich ist.

(Eingegangen 5. Mai 1905.)

1) Es ist ohne Vertauschung der Flächenseiten unmöglich, die spiegelbildlich einander gegenüberstehenden Figuren *a* und *b* so aufeinander zu legen, daß die Fundamentalbereichsgrenzen und zugleich die Bausteine sich decken.

2) Man mag sich die beiden Kreise, durch welche der materielle Inhalt jedes einzelnen Fundamentalbereichs in den Figuren *a* und *b* dargestellt wird, in unserem Beispiel direkt als die beiden Atome $C_9 H_{12} O_4$ vorstellen, welche einzeln genommen den Mesityloxydoxalsäuremethylester aufbauen, gemeinsam aber unser Polymerisationsprodukt, entsprechend der Konstitutionsformel $(C_9 H_{12} O_4)_2$ charakterisieren.

Dampf- und Lösungstension an krummen Flächen.

Von O. Lehmann.

Ein bekannter, aus dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik abgeleiteter Satz von W. Thomson sagt aus, Dampftension und entsprechend Lösungstension an konvexen krummen Flächen seien größer als an ebenen,

und zwar um so mehr, je kleiner deren Krümmungsradius.[1])

Demgemäß müßte, im Gegensatz zu der auf vielfache Erfahrung gegründeten üblichen Ansicht, die Kondensationstemperatur (der Taupunkt) und entsprechend bei gelösten Flüssigkeiten und festen Körpern die Niederschlags- bezw. Kristallisationstemperatur und folgerichtig auch der Erstarrungspunkt einer Schmelze ein variabler von der Tropfengröße bezw. der Kristalltracht abhängiger Temperaturpunkt sein, da der Fall, daß die Kondensation usw. an einer einzigen ebenen Fläche eintritt, praktisch nicht vorkommt.

An anderer Stelle[2]) habe ich weiter auf Schwierigkeiten hingewiesen, die sich aus dem Thomsonschen Satz ergeben bezüglich des Verhaltens fließender Kristalle, und habe versucht, sie zu beseitigen durch die Annahme, die höhere Lösungstension an stark gekrümmten Stellen fließender Kristalle werde kompensiert durch die Elastizität derselben, da nur unter Annahme einer solcher Kompensation verständlich wird, weshalb ein fließender Kristall mit der gesättigten Lösung, in welcher er sich befindet, im Gleichgewicht bleibt und sich nicht beständig an den stark nach außen gekrümmten Stellen seiner Oberfläche auflöst, an anderen wächst.[3])

Die Auffindung der „scheinbar lebenden" fließenden Kristalle[4]), welche höchst eigenartiges Verhalten zeigen[5]), gab Anlaß zu nochmaliger Prüfung dieser Auffassung und hatte das Ergebnis, daß dieselbe unhaltbar ist. Sie beruht nämlich auf der Vorstellung, die Oberflächenspannung suche wie eine gespannte Haut den fließenden Kristall zu einer Kugel zusammenzudrücken, dieser aber leiste vermöge seiner Elastizität gleichgroßen Widerstand.

Schon das Verhalten größerer Massen fließender Kristalle, welche sich beim Bewegen des Gefäßes oder beim Umrühren mit einem Spatel wie öl- oder sirupartige Flüssigkeiten verhalten, läßt nun aber das angenommene Vorhandensein von Verschiebungselastizität d. h. die Existenz einer Elastizitätsgrenze im gewöhnlichen Sinne, kaum denkbar erscheinen. Bei vollkommenen Flüssigkeiten wie Wasser, Alkohol oder den nicht minder leichtflüssigen flüssig-kristallinischen Modifikationen von Paraazooxyanisol[1]) usw. ist solche jedenfalls nicht vorhanden und die Kraft, welche die Kohäsion hindert, die Moleküle einander bis zur Berührung zu nähern, d. h. welche das mit der Temperatur variable Volumen des Tropfens bedingt, ist nicht die Elastizität, sondern die Expansivkraft, die Stoßwirkung der Moleküle, welche den van't Hoffschen Vorstellungen gemäß ebenso groß ist, wie wenn dieselbe Menge Substanz im Gaszustand auf das gleiche Volumen zusammengedrückt wäre.

Die Abwesenheit kontinuierlicher Strömungen in jenen Kristalltropfen ohne Verschiebungselastizität, welche übrigens dem Gesetz der Erhaltung der Energie widersprechen würde, läßt erkennen, daß die Oberflächenspannung solcher Tropfen trotz der verschiedenen Anordnung der Moleküle an verschiedenen Stellen — sie sind in der Nähe der Symmetrieachse in engen Kreisen oder radial gestellt, entfernt davon annähernd parallel — überall dieselbe ist, daß auch für sie, wie für alle andern Eigenschaften der Satz gilt, daß sie unabhängig ist von der Art der Aggregation der Moleküle, solange nur die Moleküle dieselben sind und keine Mischung mit andern eintritt.

Ebenso muß wegen der genauen Kugelform jener Kristalltropfen auch die Beweglichkeit der Moleküle sowie ihre Stoßkraft trotz der kristallinischen Struktur des Tropfens an allen Stellen der Oberfläche dieselbe sein, d. h. ein flüssiger Kristall im bisherigen Sinn, charakterisiert durch die Bildung vollkommen kugelförmiger Tropfen, kann in seinem Innern[2]) nicht anisotrop sein bezüglich der Reibung oder Viskosität.

---

1) Siehe die Literatur in Chwolson, Lehrbuch d. Physik, Braunschweig 1905, Bd. 3, S. 742 und 785.

2) O. Lehmann, Ann. d. Phys. **17**, 728, 1905.

3) S. a. O. Lehmann, Flüssige Kristalle, Leipzig, W. Engelmann 1904, S. 46.

4) O. Lehmann, Chemikerzeitung **30**, 1, 1906; Ann. d. Phys. **19**, 22 u. 407, 1906; Verh d. D. phys. Ges. **8**, 143, 1906; ferner unter der Presse: Ann. d. Phys., Die Kontinuität der Aggregatzustände und die flüssigen Kristalle; Die Struktur der scheinbar lebenden Kristalle; Archiv für Entwicklungsmechanik von Roux, Kristalle und Organismen; Umschau, 1906, Nr. 17, Scheinbar lebende fließende Kristalle; Verh. des Karlsruher nat. Vereins 1906, Die scheinbar lebenden Kristalle und die Molekularkräfte; Vorländer, Ber. d. d. chem. Gesellschaft **39**, 803, 1906; Bühner, Diss. (Schencks Laboratorium) Marburg 1906.

5) Der zu diesen Versuchen nötige Stoff, der Paraazoxyzimtsäureäthylester, ist zu beziehen von E. Merck, chemische Fabrik in Darmstadt, Mikroskope mit der erforderlichen Heizvorrichtung liefern Voigt & Hochgesang in Göttingen und C. Zeiß, Jena. Diapositive der Erscheinungen sind zu haben bei Obrist (Schobers Hoflichtdruckanstalt), Karlsruhe, Belfortstraße 10.

1) S. a. R Schenck, Kristallinische Flüssigkeiten und flüssige Kristalle, ebenda 1905.

2) Für die Oberfläche gilt dies nicht, denn die Rotation der Tropfen bei stärkerer Erwärmung der Unterseite erklärt sich nur dadurch, daß die hervorgerufene Kontaktbewegung (Ausbreitung durch Verschiedenheiten der Oberflächenspannung) infolge der Anisotropie der Reibung an der Grenze zwischen Tropfen und umgebendem Medium einseitig wird. Merkwürdige Strömungen dieser Art beobachtete ich vor kurzem an der Kontaktfläche der stabilen festen Modifikation des Cholesterylformiats von F. M. Jäger gegen die fließend kristallinische. An der Grenze der labilen Modifikation traten sie unter genau denselben Umständen nicht auf. Vermutlich sind die beiden festen Modifikationen in verschiedenem Maße in der fließend-kristallinischen löslich. Das Cholesterylcaprinat von F. M. Jäger scheint zwei enantiotrope fließend-kristallinische Modifikationen zu besitzen, an deren Grenze ebenfalls Strömungen auftraten. Hierher gehört auch die eigentümliche Erscheinung, daß an Glas anliegende dicke Kristalltropfen in I. Hauptlage in stabilem Gleichgewicht sind, dünne dagegen in II. Haupt-

Was aber würde eintreten, wenn eine solche Verschiedenheit der Beweglichkeit tatsächlich vorhanden wäre? Bei den fließenden Kristallen des Paraazoxyzimtsäureäthylesters trifft dies jedenfalls zu, da sie sich, wie man beim Andrücken des Deckgläschens erkennt — wobei sich infolge der Homöotropie von selbst überall im Präparat die optische Achse senkrecht zur Glasfläche stellt — ähnlich wie ein Eisprisma in der Richtung der optischen Achse relativ schwer zusammendrücken lassen, d. h. sich wie eine zähe Flüssigkeit verhalten, quer dazu aber so leicht deformierbar sind, daß sie sogar um eine Luftblase, mit welcher sie zufällig in Kontakt kommen, von selbst herumfließen, ohne deren Form zu beeinträchtigen.

In diesem Fall muß augenscheinlich die Stoßwirkung der Moleküle der verschiedenen inneren Reibung wegen nach verschiedenen Richtungen verschieden groß ausfallen und da die Oberflächenspannung an allen Stellen dieselbe ist, müssen Ausbiegungen der Oberfläche an den Stellen stärkster Stoßkraft erzeugt werden, bis der geweckte kapillare Gegendruck den Überschuß der Stoßkraft kompensiert.

Unter dieser Annahme erklärt sich also das Zustandekommen polyedrischer Formen bei freischwebenden fließenden Kristallen ohne die Annahme einer widerstehenden elastischen Kraft, deren Existenz, wie bereits bemerkt, eine sehr problematische ist. Kann man annehmen, daß eine solche wirklich völlig fehlt, so wären auch die „fließenden" Kristalle, die ich bisher zu den „festen" Körpern rechnete, den „flüssigen" Kristallen beizuzählen, wobei sich natürlich empfiehlt, die bisherige Bezeichnung beizubehalten, um dadurch auszudrücken, daß es solche flüssige Kristalle sind, welche infolge der Anisotropie bezüglich der inneren Reibung die Fähigkeit haben, in (gerundeten) polyedrischen Formen aufzutreten, ähnlich den gewöhnlichen festen Kristallen.

Ein Versuch, eine etwaige Elastizitätsgrenze der fließenden Kristalle durch genaue Messung, etwa durch Dehnung oder Biegung eines in bestimmter Richtung daraus geschnittenen Stäbchens, zu bestimmen, stößt auf die eigentümliche Schwierigkeit, daß sich ein solches Stäbchen prinzipiell gar nicht herstellen läßt. Hätte man es auf irgendeinem Wege künstlich erhalten, so würde es, sich selbst überlassen, sich sofort zu der normalen Polyederform kontrahieren, ebenso wie ein Flüssigkeitsfaden, sich selbst überlassen, sich infolge der Wirkung der Oberflächenspannung sofort zu einer Kugel kontrahiert. Dies gilt für alle fließenden Kristalle d. h. alle diejenigen Kristalle, welche die Eigenschaft haben, daß zwei Individuen, zusammengebracht, zu einem einzigen Individuum von einheitlicher Struktur zusammenfließen. Solche können augenscheinlich keine Elastizitätsgrenze haben, sie müssen also zu den Flüssigkeiten gerechnet werden, wenn auch einzelne derselben wie diejenigen des Paraazoxyzimtsäureaethylesters (in bestimmter Richtung) so zähflüssig sind, daß die Zähigkeit durch die gewöhnliche Methode des Durchfließens durch Kapillarröhren durch Wirkung des eigenen Gewichts bei geringen Niveaudifferenzen nicht mehr bestimmt werden kann.

lage (S. Flüssige Kristalle S. 65, § 5b; ferner die noch nicht ganz aufgeklärte Erscheinung der spontanen Homöotropie (Flüssige Kristalle S. 69), welche ebenfalls auf Anisotropie bezüglich der Deformationsarbeit der Oberflächenschicht hinweist.

Fehlt nun aber den fließenden Kristallen die Verschiebungselastizität, so kann auch der eingangs besprochene Gleichgewichtszustand mit der umgebenden Lösung nicht durch dieselbe erklärt werden und es wird sich empfehlen, näher zu kontrollieren, ob die von dem Thomsonschen Satz geforderte Differenz der Lösungs- bezw. Dampftension an den verschieden gekrümmten Stellen der Oberfläche nicht nur ein Ergebnis theoretischer Betrachtungen, sondern wirklich vorhanden ist.

Wäre sie vorhanden, so müßten ausgeschiedene Tröpfchen z. B. in erkaltender Lösung von (viel) Phenol in Wasser oder (wenig) Wasser in Anilin, nachdem die Temperatur konstant geworden ist, sich allmählich derart verändern, daß die kleinsten immer kleiner, die größten immer größer werden, bis schließlich nur noch ein einziger Tropfen übrig ist, welcher alle andern unter Vermittlung des Lösungsmittels aufgezehrt hat. Ebenso müßte ein kristallinischer Niederschlag oder ein künstlich hergestelltes Kristallpulver in gesättigter Lösung sich allmählich bei konstanter Temperatur von selbst in einen einzigen Kristall umwandeln — mindestens müßten die einzelnen Körnchen normale Gleichgewichtsform annehmen.

Meinen mikroskopischen Untersuchungen zufolge gibt es aber eine solche Gleichgewichtsform nicht, vielmehr ist jedes ganz beliebig geformte Kristallfragment mit gesättigter Lösung oder mit eben erstarrender Schmelze oder mit seinem Dampf bei der Kondensationstemperatur dauernd im Gleichgewicht; Löslichkeit, Schmelztemperatur und Sublimationstemperatur gehören nicht zu den vektoriellen Eigenschaften eines Kristalls, sondern zu den skalaren, d. h. sie sind von der Richtung zu den Kristallachsen vollkommen unabhängig.[1])

Nur bei schwankender Temperatur ver-

1) Über entgegenstehende Meinungen siehe O. Lehmann, Flüssige Kristalle, S. 164 Anm. 1 und S. 15 Anm. 1. Ferner Groth, Physikalische Kristallographie, 4. Auflage. Leipzig, W. Engelmann. 1905. S. 258 u. H. Przibram, Zeitschr. f. Kryst. **39**, 582, 1904.

größern sich ferner, soweit ich in der Lage war, dies experimentell konstatieren zu können, die großen Tropfen bezw. Kristalle auf Kosten der kleinen, da letztere, wenn einmal bei einer genügend großen Temperaturschwankung verschwunden, wegen Mangel eines „Keims" nicht mehr von neuem entstehen.

Solange also nicht durch genauere Versuche, bei welchen Temperaturschwankungen in aller Strenge ausgeschlossen sind, die fraglichen Aufzehrungserscheinungen erwiesen werden, dürfte der Thomsonsche Satz als unrichtig anzunehmen sein, was mit Rücksicht auf den zweiten Hauptsatz die weitere Konsequenz ergibt: Nicht die Dampf- bezw. Lösungstension ist von der Krümmung der Grenzfläche abhängig, sondern die Verdampfungs- und Lösungswärme und entsprechend die Dichte.

In der Tat läßt sich ohne weiteres erkennen, daß z. B. die Lösungswärme einer Flüssigkeit von dem Krümmungsradius der Tropfen abhängig sein muß. Bestimmt man dieselbe nämlich zunächst für einen großen Tropfen, zerteilt dann diesen mechanisch in außerordentlich zahlreiche kleine Tropfen, welche nur noch aus einzelnen Molekülen bestehen, wozu eine der Vergrößerung der Oberflächenenergie entsprechende Arbeit aufzuwenden ist, so muß natürlich die Lösungswärme nunmehr — mechanisch gemessen — um diesen Betrag kleiner sein, da zur völligen Lösung nur noch etwaige Dissoziationsarbeit an den bereits voneinander getrennten Molekülen zu leisten ist. Bei minder kleinen Tropfen wird ebenso der ihrer Größe entsprechende Betrag der Oberflächenenergie von der Lösungswärme des einen großen Tropfens in Abrechnung zu bringen sein, um die tatsächliche Lösungswärme zu erhalten.[1])

Umgekehrt ist auch die Kondensationswärme z. B. eines Dampfes kleiner, wenn die Kondensation in kleinen Tröpfchen erfolgt, sie erreicht erst dadurch ihren vollen Wert, daß diese kleinen Tröpfchen durch Zusammenfließen ihre Oberflächenenergie verlieren, welche nunmehr, da die zunächst entstehende Bewegung in den Tröpfchen sofort durch die innere Reibung zerstört wird, ebenfalls in Wärme übergeht. Die kleinen Tröpfchen stellen nicht den endgültigen Gleichgewichtszustand dar, welchen die Dynamik in Rechnung zieht, sondern erst der durch ihr Zusammenfließen entstehende eine große Tropfen, welcher eigentlich so groß sein müßte, daß seine Oberfläche als eben betrachtet werden kann.

Berücksichtigt man diese Abhängigkeit der Verdampfungs- bezw. Lösungs- oder Erstarrungswärme von der Zahl der Kondensations- bezw. Kristallisationskerne, welche z. B. Elektronen sein können, so gelangt man zu thermodynamischen Gleichungen, welche auch die Zahl der „Keime" enthalten, die in den bisherigen Formeln nicht vorkommt.[1])

1) Siehe auch E. Warburg, Wied. Ann. **28**, 394, 1886.

1) S. a. Riecke, Lehrbuch d. Physik, 3. Aufl. Leipzig 1905, Bd. **2**, S. 634.

Karlsruhe, 2. April 1906.

(Eingegangen 3. April 1906.)

Über die Dampfdrucke des Schwefels.

Von W. Matthies.

Messungen über die Dampfdrucke des Schwefels bei verschiedenen Temperaturen liegen bisher nur relativ wenige vor. Regnault, dem wir bekanntlich eine große Reihe von Dampfdruckbestimmungen an den verschiedensten Elementen und Verbindungen verdanken, hat auch einige Messungen in dieser Richtung am Schwefel ausgeführt.[1]) In neuerer Zeit wurden solche von Callender und Griffiths[2]) sowie von Bodenstein[3]) wieder aufgenommen; dieselben beziehen sich jedoch durchweg auf Temperaturen von etwa 370^0 aufwärts, entsprechend einer Tension von ca. 240 mm Hg bei 0^0 an.

Gegenstand vorliegender Arbeit war es, die Dampfdruckmessungen auch auf niederere Temperaturen auszudehnen und zwar bis zu solchen, bei denen die entsprechenden Drucke nur noch Bruchteile von 1 mm Hg betragen. Die Kenntnis letzterer hatte für mich nämlich eine besondere Bedeutung dadurch gewonnen, daß ich Untersuchungen über das Verhalten des Schwefeldampfes bei der Glimmentladung angestellt hatte und daran anschließend quantitative Potentialmessungen ausführen wollte, die natürlich nur einen Sinn bei genauer Kenntnis der Druckverhältnisse haben.

Die Dampfdrucke wurden nach der sogenannten dynamischen Methode bestimmt, die darin besteht, daß man die einem bekannten Druck entsprechende konstante Siedetemperatur ermittelt. Die Versuchsanordnung gibt Fig. 1 schematisch wieder.

Die als Siedegefäß dienende, mit einem Kupferdrahtgeflecht umhüllte, dickwandige Glaskugel S von 15 cm Durchmesser hatte zwei Ansatzröhren A_1 und A_2; das erstere, engere, enthielt bei B einen Schliff zur Einführung des zur Temperaturmessung benutzten Eisen-Konstantan-Thermoelements, während das zweite,

1) Regnault, Mém. d. l'Acad. **26**, 339, 1862.
2) Callender und Griffiths, Chem. News **63**, 1891.
3) Bodenstein, Ztschr. f. phys. Chem. **30**, 118, 1899.

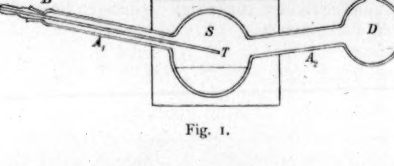


Fig. 1.

ca. 5 qcm weite Ansatzrohr in einer zur Aufnahme des sublimierenden Schwefels bestimmten kugelförmigen Erweiterung *D* endigte. Durch den weiten Schliff *C* stand das System mit einer mehrere Liter fassenden und am Boden mit einer Schicht P_2O_5 gefüllten Drechselschen Flasche in Verbindung. Diese kommunizierte ihrerseits wieder vermittels einer locker mit unechtem Goldschaum zur Abhaltung von Schwefeldämpfen erfüllten Röhre mit einer Sprengelschen Quecksilber-, einer Körtingschen Wasserstrahlpumpe und zwei Manometern. Zur Messung der höheren Drucke diente ein gewöhnliches Manometer mit geschlossenem Schenkel, dessen Stand an einer Spiegelglasskala unter Benutzung eines Fernrohres abgelesen wurde. Bei tiefen Drucken kam ausschließlich ein Mc. Leodsches Manometer zur Verwendung.

Das Thermoelement war zum Schutze gegen die Schwefeldämpfe in einem engen Glasrohre gut isoliert eingebaut und zwar derart, daß die Lötstelle sich in der dünn ausgezogenen Spitze jenes Rohres befand. Die zweite Lötstelle wurde auf konstanter Temperatur mittels schmelzenden Eises gehalten. In dem für die vorliegenden Messungen in Betracht kommenden Temperaturintervall von 0^0 bis 445^0 sind die elektromotorischen Kräfte des Thermoelements fast vollständig proportional den Temperaturdifferenzen der beiden Lötstellen. Die Eichung, die, beiläufig bemerkt, vor und nach jeder Messungsreihe vorgenommen wurde, konnte daher einfach unter Zugrundelegung einiger weniger Fixpunkte geschehen. Als solche wählte ich in fast allen Fällen 1. Zimmertemperatur, die mittels Normalthermometers aus der physikalisch-technischen Reichsanstalt gemessen wurde, 2. die Temperatur des siedenden Wassers und 3. diejenige des siedenden Schwefels und zwar letztere unter Annahme der von Callender und Griffiths mit dem Luftthermometer bestimmten und unter anderen von Ramsay und Young akzeptierten Wertes von $444{,}53^0$ bei 760 mm *Hg*.[1])

Das Siedegefäß, daß etwa bis auf ein Viertel mit sorgfältig vorher im Vakuum gereinigten Schwefel angefüllt war, befand sich in einem mit mehreren Glimmerfenstern versehenen eisernen Heizkasten. Die etwa bis auf ein Viertel mit sorgfältig durch Sublimation im Vakuum gereinigtem Schwefel angefüllte Kugel befand sich in einem eisernen Heizkasten, der mehrere Glimmerfenster besaß. Besonders hervorheben möchte ich, daß alle Rohrleitungen sehr weit genommen wurden, um einen sicheren und schnellen Druckausgleich im ganzen Apparat zu erzielen.[1]) Vor allem wurde darauf geachtet, daß das vom Siedegefäß *S* zum Sublimationsraum *D* führende Rohr weit war, da sonst bei tiefen Drucken leicht in *S* ein Überdruck bei zu reichlicher Wärmezufuhr eintreten kann. In diesem Falle entspricht die gemessene Siedetemperatur natürlich einem höheren als dem am Manometer abgelesenen Druck, so daß die gemessene Siedetemperatur dann natürlich einem höheren als dem am Manometer abgelesenen Druck entspricht:

Abgesehen von Drucken unter 4 mm Hg konnte ich bei meiner Versuchsanordnung eine merkliche hierauf beruhende Abhängigkeit der Siedetemperatur von der Schnelligkeit der Wärmezufuhr, d. h. der Größe der Heizflammen nicht konstatieren. Die zu verschiedenen Zeiten und bei auf- und absteigenden Drucken gemessenen Siedetemperaturen zeigten oberhalb von 4 mm Hg eine sehr befriedigende Über-

1) Der von Regnault angegebene Wert von 448^0 bei 760 mm *Hg* hat sich als unrichtig erwiesen.

1) Vergl. A. Gebhardt, Erlanger Inaugural-Dissertation 1904 und Verhdl. VII Jahrg. Nr. 8, S. 185.

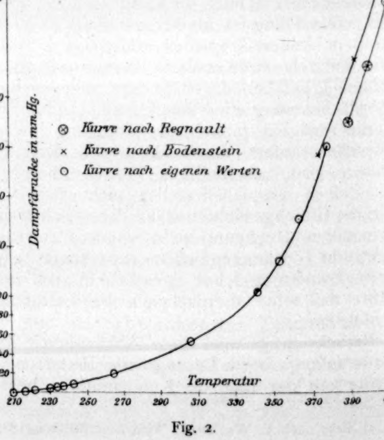


Fig. 2.

einstimmung, während unterhalb jenes Druckes Abweichungen bis zu 10% im Maximum auftreten konnten.

Tabelle I.

Drucke in mm *Hg*	Siedetemperatur
250,1	379,4
176,0	363,0
133,0	352,5
105,5	341,7
53,5	306,5
20,5	265,0
8,45	241,8
6,5	237,3
5,54	234,4
4,48	230,6
3,20	222,4
2,1	216,7
1,35	210,2

Resultate.

Die Ergebnisse der quantitativen Messungen sind in der Tabelle 1 und graphisch in der Fig. 2 wiedergegeben. Die Zahlen sind mittlere Werte aus zahlreichen Messungen. Von einer Mitteilung der einzelnen Reihen sehe ich ab.

Die in Figur 2 zum Vergleich eingezeichneten Kurven entstammen den eingangs erwähnten Arbeiten von Regnault und Bodenstein; wie sich zeigt, schließen sie sich gut an meine Dampfdruckkurve an und zwar die des letzteren besser als jene. Die Regnaultschen Zahlen dürften demnach als zu niedrig anzusehen sein, ein Ergebnis, zu dem auch die mehrfach genannten Herren Callender und Griffiths gelangt sind.

Erlangen, Physikal. Inst. im März 1906.

(Eingegangen 5. April 1906.)

BESPRECHUNGEN.

H. C. Horstmann and V. H. Tousley, Modern Wiring Diagrams and descriptions. 16. 156 S. viele Fig. Chicago, F. J. Drake & Co. 1904.

Das kleine Buch erfüllt die im Titel gegebenen Versprechungen „showing at a glance all that ordinary electrical workers need and nothing that they do not need". Für einen selbständig denkenden Ingenieur oder Physiker kommt das Buch nicht in Betracht.

E. Madelung.

A. Königswerther, Physikalische Grundlagen der Gleich- und Wechselstromtechnik. (Repetitorien der Elektrotechnik, I. Band.) 8. 112 S. mit 74 Abbildungen. Hannover, Dr. Max Jänecke. 1905. M. 2,60, geb. M. 3,20.

Durch häufigere Einführung von Energiebetrachtungen hätten vielfach Ungenauigkeiten vermieden werden können. Z. B. bleibt die Frage, warum ein magnetisches Feld durch Eisen deformiert wird, unerörtert; ebenso, warum Foucaultströme ein Energieverlust sind. Auch die Betrachtungen über Selbstinduktion hätten durch Einführung des Begriffes der Feldenergie viel von ihrer Unzulänglichkeit verloren.

Der Ausdruck S. 79: „Entweichen von Selbstinduktionsströmen" ist wohl durch einen Druckfehler entstanden.

Die Figur S. 80 für den Verlauf von Foucaultströmen ist unrichtig.

Im übrigen verdient das Buch wegen seiner Kürze und Präzision im Ausdruck die Beachtung der Studierenden.

E. Madelung.

(Eingegangen 22. Januar 1906.)

W. Winkelmann, Synchronmaschinen für Wechsel- und Drehstrom, ihre Wirkungsweise, Berechnung und Konstruktion. (Repetitorien der Elektrotechnik. IV. Band.) 8. VIII. 148 S. 79 Fig. Hannover, Dr. Max Jänecke. 1905. M. 3,40, gebunden M. 4.—.

Das Buch enthält eine klare Entwicklung der für die Konstruktion der Maschinen maßgeblichen Verhältnisse. Eine am Schlusse durchgeführte Berechnung demonstriert die Anwendungsweise des im vorhergehenden entwickelten Stoffes.

Auch Nichttechniker werden das Buch mit Interesse lesen.

E. Madelung.

(Eingegangen 22. Januar 1906.)

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1905.

Nr. 147. Johann Benedikt Listing, Beitrag zur physiologischen Optik. (Herausgegeben von Otto Schwartz.) 8. 52 S. Mit einem Bildnis und zwei Tafeln. Kart. M. 1,40.

Nr. 150. Josef Fraunhofer, Bestimmung des Brechungs- und Farbenzerstreuungs-Vermögens verschiedener Glasarten, in bezug auf die Vervollkommnung achromatischer Fernrohre. (Herausgegeben von Arthur von Oettingen.) 8. 36 S. Mit einem Bildnis, 6 Figuren im Text und 2 Figuren auf einer Tafel. Kart. M. 1,20.

Die wohlbekannte Ostwaldsche Sammlung der Klassiker der exakten Wissenschaften hat eine wertvolle Bereicherung erfahren durch diese

beiden Bändchen, welche die Listingsche Arbeit (aus den Göttinger Studien von 1845) und die Fraunhofersche Abhandlung (aus den Denkschriften der Königl. Akademie der Wissenschaften zu München für die Jahre 1814 und 1815, Bd. V) in neuem Gewande auferstehen lassen. Der Physiker wird der Verlagsanstalt vor allen Dingen dafür Dank wissen, daß sie — getreu dem Zwecke dieses Unternehmens, die Pflege des historischen Sinnes zu fördern — die Fraunhofersche Arbeit, in welcher der junge Forscher zum ersten Male der Spektrallinien Erwähnung tut, welche also als der Ausgangspunkt der ganzen heute so hoch entwickelten Spektralanalyse zu betrachten ist, daß sie diese Arbeit weitesten Kreisen bequem zugänglich gemacht hat. Max Iklé.

(Eingegangen 27. Januar 1906.)

O. Kausch, Die Herstellung, Verwendung und Aufbewahrung von flüssiger Luft. Unter besonderer Berücksichtigung der Patent-Literatur zusammengestellt. 2. Auflage. 8. VIII u. 224 S. mit 109 Abbildungen. Weimar, Carl Steinert. 1905. M. 3,75, gebunden 4,60.

Die erste Auflage dieser Monographie erschien im Jahre 1902 unter dem Titel „Die Herstellung und Verwendung der flüssigen Luft". Die günstige Beurteilung, welche das Buch bei seinem ersten Erscheinen von seiten der Presse gefunden hat, scheint — nach der baldigen Herausgabe der zweiten Auflage zu schließen — vom Publikum gutgeheißen worden zu sein. Wie aus dem veränderten Titel hervorgeht, hat die neue Auflage gegenüber der ersten eine Erweiterung gefunden. Auch diese Ausgabe verdient eine freundliche Aufnahme. Eine derartig vollständige Zusammenstellung der zahlreichen Methoden und Verfahren zur Herstellung und zur Aufbewahrung der flüssigen Luft liegt meines Wissens sonst nicht vor. Die Aufzählung dürfte nach dieser Richtung hin wohl ziemlich lückenlos sein. In dem Abschnitt über die Verwendung der flüssigen Luft vermisse ich allerdings die Erwähnung verschiedener wissenschaftlicher Arbeiten, wie z. B. der Schäferschen; vor allen Dingen hätte das elegante Verfahren von Dewar zur Evakuierung von Gefäßen mittels ausgeglühter und durch flüssige Luft gekühlter Kokosnußkohle hier Platz finden sollen. Max Iklé.

(Eingegangen 27. Januar 1906.)

Bulletin of the Bureau of Standards, Band 1. 1904/05, Washington Government Printing Office.

Es liegt hiermit der erste Band der wissenschaftlichen Abhandlungen des Bureau of Standards vor, der eine reiche Fülle wichtiger Probleme behandelt. Den Gegenständen nach finden sich hier Arbeiten aus fast allen Gebieten der Physik, von Metervergleichungen und Thermometereichungen an über das Silbervoltameter zu den verschiedenartigsten Gegenständen der Wechselstromtechnik, weiter über Lichtbogenvorgänge, Strahlung des Platins zu photometrischen und spektralanalytischen Gegenständen. Eine eingehendere Aufzählung des Inhalts allein würde den hier zur Verfügung stehenden Platz weit überschreiten. E. Bose.

(Eingegangen 1. Mai 1906.)

Arndt, K., Grundbegriffe der höheren Mathematik für Chemiker. 8. 60 S. mit 11 Figuren. Berlin, Mayer & Müller, 1905. M. 1,50.

Scheffers, G., Lehrbuch der Mathematik für Studierende der Naturwissenschaften und der Technik. Einführung in die Differential- und Integralrechnung und in die analytische Geometrie. gr. 8. VIII u. 682 S. mit 344 Figuren. Leipzig, Veit & Comp. 1905. M. 16.—.

Mellor, J. W., Höhere Mathematik für Studierende der Chemie und Physik und verwandter Wissensgebiete. In freier Bearbeitung der zweiten englischen Ausgabe herausgegeben von A. Wogrinz u. A. Szawassi. gr. 8. XI u. 411 S. mit 109 Textfiguren. Berlin, Jul. Springer. 1906. M. 8.—.

Wer wie der Referent nunmehr seit mehreren Jahren Gelegenheit hat, eine mathematische Vorlesung speziell für Studierende der Naturwissenschaft zu halten, der betrachtet es gewiß als erfreulich, möglichst verschiedenartig angelegte Werke für alle diejenigen, welche Mathematik als Nebenfach gebrauchen, erscheinen zu sehen. Allmählich schien ja aber nun der Bedarf an derartigen Werken auch dem Referenten einigermaßen gedeckt zu sein. Das ist natürlich zum großen Teil Ansichtssache und daß jetzt gar fast gleichzeitig drei derartige Neuerscheinungen zu verzeichnen sind, zeigt zum mindesten, daß auch die gegenteilige Ansicht eifrige Vertretung findet.

Arndts Grundbegriffe der höheren Mathematik für Chemiker sind „von einem Chemiker für seine Fachgenossen geschrieben" und bringen auf nur 60 Seiten ein zweifellos geschickt zusammengestelltes Menu, das in angenehmer Reihenfolge von allem etwas bringt, aber wirklich verdaulich wohl nur für den genügend mit solch schwerer Kost Vertrauten ist. Diesem Vorwurf gegenüber ist zu betonen, daß es sich keineswegs um eine „gedrängte Wochenübersicht" handelt, vielmehr wird dem mit dem

Gegenstande völlig Bekannten die genauere Durchsicht eben wegen der geschickten Wahl des Einzelnen Genuß bereiten und steht Referent nicht an, in diesem Sinne das Arndtsche Büchlein zu empfehlen.

Eine sehr eigenartige Darstellung der Grundlagen der höheren Mathematik für Studierende der Naturwissenschaften und der Technik bildet das Werk von Scheffers, das besonders zum Selbststudium geschaffen ist und vom einfachsten ausgehend oft in behaglicher Breite und unter ständiger Vorführung eines reichen und wohlgewählten Figurenmaterials dem aufmerksamen Leser eine Fülle von Kenntnissen zu vermitteln weiß. Ein eingehendes Sachregister, das jederzeit dem Leser ein leichtes Zurückgreifen auf bestimmte Gegenstände ermöglicht, dient in vorzüglicher Weise dem speziellen Zwecke des Buches.

Eine wegen der Vielseitigkeit des Gebotenen sehr beachtenswerte Erscheinung der englischen mathematischen Literatur ist Mellors „Higher Mathematics for Students of Chemistry and Physics", doch geben eine ganze Reihe von Kapiteln der englischen Ausgabe nach Ansicht des Referenten zu erheblichen Bedenken Anlaß. Eine Übertragung ins Deutsche kann derselbe zurzeit nicht mehr für „Abhilfe eines dringenden Bedürfnisses" halten. Glücklicherweise ist die vorliegende deutsche Ausgabe des Mellorschen Werkes eine freie Bearbeitung des englischen Originals und die Tendenz der von den Bearbeitern vorgenommenen Kürzungen hat sie die Hauptklippen des Originals glücklich umschiffen lassen. Im großen und ganzen ist daher die deutsche Ausgabe als durchaus gelungen zu bezeichnen, zumal die Reichhaltigkeit des mathematischen Inhalts des Werkes keinen Schaden genommen hat. Eben deswegen aber erscheint dem Referenten der Mangel eines alphabetischen Sachregisters besonders fühlbar, das eine wohltuende Ergänzung einer eventuellen Neuauflage sein würde.

E. Bose.

(Eingegangen 1. Mai 1906.)

Smithsonian Institution: Annual report of the Board of regents of the —, showing the operations, expenditures and condition of the Institution for the year ending June 30, 1904. gr. 8. LXXIX. 804 S. mit zahlreichen Abbildungen. Washington, Government Printing Office. 1905.

Der Jahresbericht der Smithsonian Institution bietet alljährlich auch für die Leser unserer Zeitschrift eine Fülle des Interessanten, doch verbietet sich hier mit Rücksicht auf den beschränkten Platz ein näheres Eingehen, so daß nur die Namen einiger Verfasser speziell physikalisch interessanter Arbeiten genannt werden können, z. B. Langley, Hale, Turner, Poynting, Wilson, Newcomb, Ramsay, Lummer, Kahlbaum usw. Daß das Werk auch sonst noch viel Interessantes bietet, versteht sich bei den vielseitigen Zielen der Smithsonian Institution von selbst.

E. Bose.

(Eingegangen 1. Mai 1906.)

R. Zsigmondy, Zur Erkenntnis der Kolloide. Über irreversible Hydrosole und Ultramikroskopie. gr. 8. VI u. 186 S. mit 6 Fig. u. 4 Tafeln. Jena. Gustav Fischer. 1905. M. 4,—.

Siedentopf und Zsigmondys Ultramikroskop hat sich als wertvolles Hilfsmittel für das Studium der Kolloide erwiesen und es ist deshalb dem Verfasser zu danken, wenn er seine Studien auf dem Gebiete namentlich der Kolloidlösungen hier in zusammenfassender und interessant geschriebener Darstellung weiteren Kreisen zugänglich macht. Die umfangreiche Monographie verdient angelegentlichste Empfehlung.

E. Bose.

(Eingegangen 1. Mai 1906.)

M. Abraham, Elektromagnetische Theorie der Strahlung. (Theorie der Elektrizität. II. Band.) gr. 8. X u. 405 S. mit 5 Figuren. Leipzig, B. G. Teubner. 1905. Gebunden M. 10,—.

Der zweite Band ist schon nach relativ kurzer Zeit dem ersten gefolgt und besitzt ebenfalls dessen Vorzüge, nämlich Klarheit und Präzision der Darstellung, sowie Eleganz nicht nur der mathematischen Entwickelungen, sondern auch der Sprache. Inhaltlich bildet der zweite Band die Fortsetzung des ersten insofern, als dieser die Maxwellsche Theorie, jener die Weiterbildung derselben, die Elektronentheorie, enthält. Da der Verfasser selbst in hervorragender Weise am Ausbau derselben beteiligt war, durfte man von vornherein hochgespannte Erwartungen hegen, die durchaus erfüllt worden sind. Besonders hervorheben möchte ich die Kapitel „Mechanik der Elektronen" und „Elektromagnetische Vorgänge in sichtbaren (ruhenden und bewegten) Körpern". Daß der Verfasser seine Hypothese des starren Elektrons in den Vordergrund stellt, ist ganz berechtigt; indessen wird auch der Lorentzschen Auffassung Rechnung getragen. Leider sind die Kaufmannschen Untersuchungen, die gegen die Lorentzsche Annahme über das Elektron sprechen, zu spät erschienen, um noch in dieses Werk aufgenommen zu werden; das Buchererssche Elektron, daß den Kaufmannschen Messungen ebensogut genügt, wie das Abrahamsche, ist ebenfalls nicht erwähnt. Überhaupt habe ich

den Eindruck, als ob manche Probleme ausführlicher hätten behandelt werden sollen; recht häufig wird die Diskussion abgebrochen durch die Bemerkung, daß die weiteren Ausführungen über den Rahmen des Werkes hinausführen würden; das wäre aber auch das Einzige, worin ich nicht ganz befriedigt bin.

Breslau. Cl. Schaefer.

(Eingegangen 18. März 1906.)

Fragekasten.

Vom „Cartesianischen Taucher".

Zu der in dieser Zeitschrift **7**, 335, 1906 von Herrn H. R. gestellten Frage, wo zuerst vom „Cartesianischen Taucher" die Rede sei, kann ich auf Grund von Informationen folgende Angaben machen:

August Heller teilt in seiner „Geschichte der Physik von Aristoteles bis auf die neueste Zeit", Bd. 2, S. 62, 1884, ohne Quellenangabe mit, daß nach neueren Forschungen der „plongeur de Descartes" nicht von Descartes erfunden sei, sondern von Raphael Magiotti de Montevarchi. Über diesen Gelehrten nun teilt J. C. Poggendorff im zweiten Bande seines 1863 erschienenen „Biographisch-Literarischen Handwörterbuchs zur Geschichte der exakten Wissenschaften" mit, daß er, Raffaello Magiotti, zu Montevarchi geboren (Jahreszahl ist nicht angegeben) und 1656 zu Rom an der Pest gestorben sei. Als Beruf wird die Jurisprudenz angegeben, und als einziges Werk wird genannt: Renitenza certissima dell'acqua alla compressione, dichiarata con varj scherzi in occasione di altri problemi curiosi. Roma 1648." Daß Magiotti der Erfinder des „Cartesianischen Tauchers" sei, ist an dieser Stelle nicht bemerkt. Zu erwähnen wäre noch, daß Poggendorff sich für seine Angaben beruft auf Giovanni Targioni-Tozzetti „Notizie degli aggrandimenti delle scienze fisiche, accaduti in Toscana nel corso di anni sessanta nel secolo XVII. Firenze 1780." Band 2, S. 182.

Weitere Auskünfte vermag ich einstweilen nicht zu geben.

Mi.

(Eingegangen 5. Mai 1906.)

Berichtigung.

Zum Fliegenproblem.

Von W. Kaufmann.

Herr R. Gans war so freundlich, mich darauf aufmerksam zu machen, daß meine Lösung des Fliegenproblems[1]) einen Fehler enthalten müsse, da ja bei unendlich kleiner Amplitude der Wagenschwingung die „relativistische" und die „absolutistische" Fliege miteinander identisch würden. In der Tat enthält mein Ansatz einen Irrtum, da an Stelle der ersten von mir angesetzten Gleichungen vielmehr die folgende den vollständigen Ausdruck des d'Alembertschen Prinzips bildende zu treten hat (dabei soll angenommen werden, daß die Wage selbst in indifferentem Gleichgewicht ist und daß der Zustand der Luftströmungen im Innern des Gefäßes quasistationär ist, so daß die Reaktionskräfte X auf Fliege und Gefäß jederzeit entgegengesetzt gleich sind):

$$(1)\quad 0 = P\left(g - \frac{d^2h}{dt^2}\right)h - Q\left(g + \frac{d^2h}{dt^2}\right)h + p\left(g - \frac{d^2h'}{dt^2}\right)h' - Xh + Xh';$$

wegen der Unabhängigkeit von h und h' zerfällt diese Gleichung in die beiden:

$$(2)\quad P\left(g - \frac{d^2h}{dt^2}\right) - Q\left(g + \frac{d^2h}{dt^2}\right) - X = 0,$$

$$(3)\quad p\left(g - \frac{d^2h'}{dt^2}\right) + X = 0,$$

woraus nach Elimination von X folgt:

$$(4)\quad \frac{d^2h}{dt^2} = g\frac{P+p-Q}{P+Q} - \frac{d^2h'}{dt^2}\frac{p}{p+Q}.$$

Die allgemeine Bewegungsgleichung ergibt sich durch Integration zu:

$$(5)\quad h = g\frac{P+p-Q}{P+Q}\frac{t^2}{2} + h'\frac{p}{P+Q} + At + B,$$

wo A und B Konstanten. Die Wage ist äquilibriert, wenn keine dauernde Beschleunigung in derselben Richtung eintritt; da die Beschleunigungen der Fliege relativ zum Gefäß notwendig periodisch sein müssen, so genügt zur Äquilibrierung, daß:

$$(6)\quad P + p - Q = 0.$$

Die Fliege wird also in jedem Falle mitgewogen.

Bezüglich des offenen Gefäßes bleibt das früher Gesagte richtig.

(Eingegangen 4. Mai 1906.)

1) Diese Zeitschr. **7**, 336, 1906.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

An der Universität Bonn **habilitierte** sich Dr. Erhard Schmidt für Mathematik.

Frau Curie wurde mit der Abhaltung von Vorlesungen über Chemie an der Universität Paris, als Nachfolgerin ihres Gatten, beauftragt.

Ernannt wurde der Dozent an der Technischen Hochschule in Hannover Dr. J. Precht zum etatsmäßigen Professor der Physik daselbst, der Privatdozent für Physik an der Universität Göttingen Dr. Johannes Stark unter Verleihung des Professorentitels zum Dozenten an der Technischen Hochschule in Hannover, Professor Dr. Martens in Berlin (gegenwärtig vertretungsweise an der Universität Rostock) zum Professor für Physik an der Berliner Handelshochschule, Dr. H. v. Euler-Chelpin in Stockholm zum o. Professor der allgemeinen und organischen Chemie daselbst.

Der Professor der Chemie an der Universität Leipzig Dr. Wilhelm Ostwald tritt am 30. September 1906 in den **Ruhestand**, dem o. Professor für chemische Technologie und Vorstand des chemisch-technologischen Laboratoriums an der Technischen Hochschule zu Stuttgart Dr. K. Häussermann ist die nachgesuchte Entlassung unter Belassung in seinem Titel und Rang erteilt worden.

In Steglitz **starb** der frühere Professor der Physik an der Universität Königsberg Dr. Karl Pape.

Gesuche.

Die Stelle unter „No. 213" ist besetzt. Den Herren Bewerbern besten Dank.

Promovierter Physiker

mit besten Zeugnissen und Empfehlungen (1½-jährige Assistentenpraxis) **sucht** Assistentenstelle möglichst für sofort. Gef. Zuschriften werden erbeten unter **No. 211** an die Verlagsbuchhandlung S. Hirzel in Leipzig.

University of Manchester:

(The Owens College).

Harling Research Fellowship.

A Research Fellowship in **Pure** or **Applied Physics** of the value of £ 125 per annum is offered for award in July next. Candidates must give evidence of being able to conduct an independent research, state if possible the nature of the research they intend to pursue under the direction of the Professor of Physics, (Dr. A. Schuster) and give particulars of their previous training and education. Applications should be sent not later than June 20th to the Registrar from whom details of conditions may be obtained.

Für die Redaktion verantwortlich Privatdozent Dr. Emil Bose in Göttingen — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.